



**ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ Τ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης
ανθρώπων.

Στέφανος Ι. Σεραφειμίδης

Εισηγητής: Δρ Ιωάννης Έλληνας, Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2018

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη ειδικού οργάνου μέτρησης και καταγραφή της ισορροπίας και της βάρδισης ανθρώπου

**Στέφανος Ι. Σεραφειμίδης
Α.Μ. 1145**

Εισηγητής:

Δρ Ιωάννης Έλληνας, Καθηγητής

Εξεταστική Επιτροπή:

Ημερομηνία εξέτασης

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Στέφανος Σεραφειμίδης του Ιωσήφ με αριθμό μητρώου 1145 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Η/Υ Συστημάτων Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφαση της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η πτυχιακή εργασία ολοκληρώθηκε με την συνδρομή τόσο σε επιστημονικό όσο και σε υλικό-πρακτικό επίπεδο, του **Κου Γιώργου Μαρινάκη** από το Εθνικό Κέντρο Αποκατάστασης Αναπήρων, τον οποίον και ευχαριστώ θερμά.

Σημαντικό ρόλο έπαιξε η υποστήριξη του επιβλέποντος καθηγητή **Δρ. Ιωάννη Έλληνα**, ο οποίος με τις επιστημονικές γνώσεις του και τις συμβουλές του, έδωσε μία ποιοτική χροιά στο όλο αποτέλεσμα. Τον ευχαριστώ πολύ επίσης για τα πρώτα φώτα της επιστήμης μας που μου έδωσε πριν από 34 χρόνια, ως νέος τότε καθηγητής του τμήματος ΜΗΥΣ, τα οποία μαζί με το ήθος του χάραξαν και σφράγισαν την μετέπειτα επαγγελματική μου πορεία και εξέλιξη. Επίσης τον ευχαριστώ για την σημερινή δεύτερη ευκαιρία, να κάτσω ξανά στα θρανία, ώστε να ολοκληρώσω και επίσημα τις σπουδές μου.

Ευχαριστώ όλους τους καθηγητές μου (τότε και τώρα), που χωρίς τις δικές τους γνώσεις και υπομονή, δεν θα είχα την σημερινή μου εξέλιξη τόσο σαν άνθρωπος όσο και σαν επαγγελματίας στον επιστημονικό χώρο.

Τέλος ευχαριστώ την εταιρεία DELMAC INSTRUMENTS για την παροχή των μηχανημάτων και εργαστηρίων της και γενικότερα την παροχή υλικοτεχνικής υποδομής και τεχνογνωσίας που προσέφερε χωρίς φειδώ.

*Την παρούσα πτυχιακή εργασία την αφιερώνω στην σύζυγο μου **Μαίρη**, τον γιο μου **Παναγιώτη** και την κόρη μου **Ελένη**, για την προτροπή τους ώστε να ολοκληρώσω και επίσημα της σπουδές μου, παρόλο που πέρασαν παραπάνω από τρεις δεκαετίες από τότε που ήμουν νεοεισαχθείς φοιτητής του τμήματος ΜΗΥΣ .*

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την ανάπτυξη και κατασκευή ενός ειδικού οργάνου που σκοπό έχει την μέτρηση και καταγραφή της ισορροπίας και της βάρδισης ανθρώπων που βρίσκονται στο στάδιο της αποκατάστασης μετά από τραυματισμούς ή άλλα προβλήματα υγείας που προκαλούν δυσλειτουργίες στην κινητικότητα τους .

Επί πραγματική βάσεως τον εν λόγω όργανο είναι ένας ειδικός ζυγός με τρεις ανεξάρτητους αισθητήρες βάρους (load cells), τοποθετημένα με τέτοιο τρόπο στην πλατφόρμα ώστε να δίνουν αξιοποιήσιμες πληροφορίες για την ισορροπία και την βάρδιση του υπό εξέταση ατόμου. Το όλο σύστημα καταγραφής και μέτρησης στηρίζεται σε μικροελεγκτή ο οποίος με τη βοήθεια A/D converters μετράει και καταγράφει τις αδιόρατες κινήσεις που κάνει το ανθρώπινο σώμα ώστε να διατηρήσει την ισορροπία του, καθώς επίσης και τις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά την βάρδιση. Τα αποτελέσματα αποστέλλονται σε Η/Υ μέσω θύρας RS232 για την παραγωγή χαρακτηριστικών καμπυλών και διαγραμμάτων, αναγνώσιμα από τους ειδικούς ιατρούς.

ABSTRACT

This present thesis deals with the development and construction of a specific instrument designed to measure and record the balance and gait of people who are recovering from injuries or other health problems.

On a true basis, this instrument is a specific weighing instrument with three independent load cells positioned in the platform to provide useful information of the balance and gait of the human under consideration. The entire recording and measurement system is based on a microcontroller which, with the aid of A / D converters, measures and records the non visible movements that make the human body to keeps its balance, as well as the forces that are developed during walking. The results are sent to PCs via RS232 port for the production of characteristic curves and diagrams, readable by specialist doctors.

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Αρχιτεκτονική Ηλεκτρονικών Υπολογιστών.
Ψηφιακές μετρήσεις και καταγραφή δυνάμεων. Ιατρική κινησιολογία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ισορροπία, Βάρδιση, αποκατάσταση, ζυγός, load cell, atmega328p, μετρήσεις δυνάμεων, βάρος, μικροϋπολογιστές, A/D converter.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	13
1.1 Εισαγωγή	13
1.2 Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας	13
1.3 Ιστορική αναδρομή.....	15
1.4 Ανασκόπηση	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	17
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	17
2.1 Εισαγωγή	17
2.2 Κινησιολογία.....	17
2.3 Νευτώνεια μηχανική	18
2.4 Ανάλυση της βάρδισης	20
2.5 Ανάλυση της ισορροπίας.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	27
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ	27
3.1 Εισαγωγή	27
3.2 Γενική περιγραφή του οργάνου	27
3.3 Περιγραφή πλατφόρμας.....	28
3.4 Ηλεκτρονικό κύκλωμα	30
3.5 Πρόγραμμα λήψης και καταγραφής	32
3.6 Πρωτόκολλο επικοινωνίας	33
<i>Πίνακας 2 – εντολές διαχείρισης ζυγού</i>	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	35
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	35
4.1 Εισαγωγή	35

4.2 Μηχανικό μέρος	35
4.3 Ηλεκτρονικό μέρος	37
4.4 Κώδικας firmware	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	41
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ.....	41
5.1 Εισαγωγή	41
5.2 Κατασκευή τυπωμένου κυκλώματος	41
5.3 Κεντρική μονάδα	43
5.4 Πλατφόρμα βάρδισης.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	47
ΔΟΚΙΜΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	47
6.1 Εισαγωγή	47
6.2 Χρήση για μέτρηση ισορροπίας	47
6.3 Χρήση για μέτρηση βάρδισης.....	49
6.3 Άλλες χρήσεις	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	51
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ.....	51
7.1 Εισαγωγή	51
7.2 Συμπεράσματα και βελτιώσεις.....	51
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....	53
Στοιχεία επικοινωνίας και διασύνδεσης	53
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.....	55
Firmware	55
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.....	56
Δήλωση συμμόρφωσης CE	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.....	57
Περιγραφή εντολών από τον Η/Υ προς τον ζυγό.	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.....	61
Ηλεκτρονικό κύκλωμα	61
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.....	62
Διαγράμματα μετρήσεων	62

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

COP	Center of pressure , κέντρο πίεσης
Kg	Χιλιόγραμμα (κιλο) μονάδα μάζας
N	Newton (νιούτον) μονάδα δύναμης
B	Byte
KB	kilobyte (1024 bytes)
DIV	Division (υποδιάρθρωση)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Εισαγωγή

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών των τελευταίων 50 ετών δεν θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστο και τον κλάδο της ιατρικής. Πάρα πολλά ηλεκτρονικά επιστημονικά όργανα βασισμένα σε μικροϋπολογιστές και ηλεκτρονικούς υπολογιστές συνδράμουν αποφασιστικά την Ιατρική επιστήμη. Δεν είναι λίγες οι φορές που ολόκληροι κλάδοι και κατευθύνσεις της Ιατρικής δεν θα είχαν δημιουργηθεί ή δεν θα είχαν εξελιχθεί χωρίς την βοήθεια της ηλεκτρονικής επιστήμης και δη των ηλεκτρονικών υπολογιστικών μονάδων. Ειδικά σε θέματα εξετάσεων καταγραφών και απεικονίσεων της υγείας και τις φυσικής κατάστασης των ασθενών τα ηλεκτρονικά συστήματα κατέχουν τον πρώτο ρόλο. Τρανά παραδείγματα, τα ακτινολογικά μηχανήματα, οι αξονικοί και μαγνητικοί τομογράφοι, οι υπερηχογράφοι, καρδιογράφοι, όργανα μέτρησης μικροβιολογικών εξετάσεων και πλείστα άλλα.

1.2 Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την ανάπτυξη και κατασκευή ενός ειδικού οργάνου (ειδικού ζυγιστικού οργάνου) που σκοπό έχει την μέτρηση και καταγραφή της ισορροπίας και της βάρδισης ανθρώπων που βρίσκονται στο στάδιο της αποκατάστασης μετά από τραυματισμούς ή άλλα προβλήματα υγείας. Με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή γίνεται καταγραφή και απεικόνιση των μετρούμενων αποτελεσμάτων, έτσι ώστε ο θεράπων ιατρός να έχει μία άριστη εικόνα της αρχικής κατάστασης καθώς και της πορείας αποκατάστασης του ασθενούς.

Οι τυχών ιατρικοί όροι που θα χρησιμοποιηθούν μπορεί να μην είναι απόλυτα ακριβείς, απλά εξυπηρετούν την προσπάθεια παρουσίασης και κατανόησης της λειτουργίας και της χρηστικότητας του οργάνου.

Η ανάπτυξη του πρωτοτύπου έγινε στα εργαστήρια της DELMAC INSTRUMENTS η οποία διέθεσε με ευγενική χορηγία πόρους, software & hardware tools και μηχανήματα, καθώς επίσης και την τεχνογνωσία για την ολοκλήρωση και υλοποίηση της εφαρμογής. Επίσης έδωσε ονομασία μοντέλου και έκανε τις τελικές δοκιμές αξιοπιστίας και ομαλής λειτουργίας του μηχανήματος, ώστε να

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

είναι σύμφωνο με τα ευρωπαϊκά πρότυπα περί ζυγών μη αυτόματης λειτουργίας. Για αυτόν τον λόγο ο ζυγός διαθέτει CE (declaration of conformity) η οποία είναι συνημμένη στο [παράρτημα 3](#).

Η ωφελιμότητα της έρευνας, έγκειται στο γεγονός πως ο συγκεκριμένος ζυγός είναι σχεδιασμένος και κατασκευασμένος για την μέτρηση της ισορροπίας των ατόμων με σχετικά προβλήματα ισορροπίας και κινησιολογίας και θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εγκεκριμένους φορείς και οργανισμούς όπως το **Εθνικό Κέντρο Αποκατάστασης** και με απώτερο στόχο να προσφέρει χρήσιμα στοιχεία για την θεραπεία και τις μορφές αποκατάστασης για τα συγκεκριμένα προβλήματα των ασθενών.



Φωτ 1.1 Πλατφόρμα και ηλεκτρονικό μέρος του οργάνου

1.3 Ιστορική αναδρομή

Κατά καιρούς διάφορα συστήματα ηλεκτρονικά και μη έχουν επιστρατευθεί για την καταγραφή της ισορροπίας και τη βάρδισης, ανθρώπων με κινητικά προβλήματα, αλλά και αθλητών που θέλουν να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους διορθώνοντας την στάση του σώματος και τον τρόπο βάρδισης (ή και τρεξίματος) τους.

Υπάρχουν πολλές εμπορικές συσκευές οι οποίες με διάφορες τεχνολογίες μετρούν και καταγράφουν τις αδιόρατες κινήσεις του ανθρώπινου σώματος που προσπαθεί να σταθεί σε ισορροπία καθώς και την δυναμική της βάρδισης του. Στις περισσότερες συσκευές (όπως και στην παρούσα της πτυχιακής εργασίας) οι μετρήσεις εκμεταλλεύονται την βαρυτική έλξη που ασκεί η γη επάνω στο ανθρώπινο σώμα και καταγράφουν συνεχώς (πάρα πολλές φορές ανά δευτερόλεπτο) την αντίδραση ή τις αντιδράσεις που προκαλούν οι μύες με σκοπό της διατήρησης της ισορροπίας ή την προσπάθεια βάρδισης.

Για τα διαγράμματα που προκύπτουν υπάρχουν πλέον πολλές γνώσεις και εμπειρία από τους σχετικού επιστήμονες, ώστε να αποκωδικοποιούνται και να εξάγονται ασφαλή και χρήσιμα συμπεράσματα που αφορούν την εξέλιξη της πορείας, της κατάστασης και της αποκατάστασης του εξεταζόμενου ατόμου.

1.4 Ανασκόπηση

Στα παρακάτω κεφάλαια γίνεται μία αναλυτική παρουσίαση του οργάνου καθώς και αναλυτική παρουσίαση των επιμέρους μηχανικών εξαρτημάτων, των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που αποτελούν το hardware καθώς και ανάλυση του software, τόσο του μικροελεγκτή καθώς και του ηλεκτρονικού υπολογιστή που καταγράφει και απεικονίζει τα δεδομένα.

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί γίνεται αναφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο της κατασκευής καθώς και στις τεχνολογίες που εφαρμόστηκαν ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της υλοποίησης. Επίσης γίνεται αναφορά στην κινησιολογία (κλάδος της ιατρικής) καθώς και στις αρχές της Νευτώνειας μηχανικής.

Γίνεται αναφορά στις αρχές που διέπουν τη ηλεκτρονική ζύγιση (μέτρηση δύναμης βαρύτητας) καθώς και θεωρητική περιγραφή της αρχής λειτουργίας του οργάνου.

Επίσης γίνεται σύντομη αναφορά στα ηλεκτρονικά εξαρτήματα (μικροεπεξεργαστής, A/D converter, load cells κλπ) και στα χαρακτηριστικά τους.

Η ιδέα στηρίζεται στην καταγραφή της ισορροπίας ενός ατόμου σε όρθια στάση, σαν συνάρτηση του σωματικού βάρους και των διακυμάνσεων του. Αν χρησιμοποιούταν ένας απλός ζυγός αντί του ειδικού αυτού ζυγού, τότε θα μπορούσε να μετρηθεί μόνο το μέγεθος της αστάθειας ενός πάσχοντος ατόμου σε σχέση με αυτήν ενός υγιούς ατόμου. Με τον ζυγό αυτόν, μπορεί να μετρηθεί όχι μόνο το μέγεθος αλλά και η κατεύθυνση ή οι κατευθύνσεις που παρουσιάζεται η αστάθεια, με σκοπό την πλήρη καταγραφή, ανάλυση και εικόνα του προβλήματος. Επίσης μπορεί να μετρηθεί, να καταγραφεί και να αναλυθεί, η φυσιολογία της βάρδισης και να εξαχθούν ιατρικά συμπεράσματα επί αυτής.

2.2 Κινησιολογία

Η κινησιολογία είναι η επιστημονική μελέτη της ανθρώπινης κίνησης. Η κινησιολογία διαμορφώνεται από φυσιολογικούς, μηχανικούς και ψυχολογικούς μηχανισμούς. Η επιστήμη της κινησιολογίας βασίζεται κυρίως στη σύνθεση τριών επιστημονικών κλάδων, της Ανατομίας, της Μηχανικής και της Φυσιολογίας.

Η ανατομική πλευρά της κινησιολογίας συνίσταται στη μελέτη και καταγραφή των ανατομικών στοιχείων του σκελετικού, μυϊκού και νευρικού συστήματος. Τα τρία αυτά συστήματα ερευνούνται ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους σε βιολογική (κυτταρική) κλίμακα αλλά και σε λειτουργική κλίμακα (μυς, αρθρώσεις, οστά) και **τα προαναφερθέντα ανατομικά και φυσιολογικά στοιχεία εξετάζονται υπό το**

πρίσμα της Νευτώνειας μηχανικής με ιδιαίτερη προσοχή στο ρόλο της βαρύτητας στην κίνηση και στάση του σώματος.

Τυπικά η ενασχόληση με την κινησιολογία απαιτεί την καλή γνώση των παρακάτω πεδίων:

1. Βασικές αρχές Νευτώνειας μηχανικής (νόμοι του Νεύτωνα, ορισμοί βαρύτητας, κέντρου βάρους, ισορροπίας, μοχλοί, ροπές, κ.λπ.)
2. Επίπεδα και άξονες κίνησης - περιγραφές θέσεων και κινήσεων.
3. Ανατομία και φυσιολογία του ερειστικού συστήματος.
4. Ανατομία και φυσιολογία του μυϊκού συστήματος.
5. Ανατομία και φυσιολογία του νευρικού συστήματος.
6. Εντοπισμένη ανατομική και κινησιολογική ανάλυση σωματικών περιοχών όπως η ωμική ζώνη, ο αγκώνας, η άκρα χείρα, η σπονδυλική στήλη, η λεκάνη, το γόνατο, κ.λπ.
7. Ανάλυση βάρδισης.

Οι εφαρμογές της κινησιολογίας στο ανθρώπινο σώμα περιλαμβάνουν: την εμβιομηχανική, την ορθοπεδική, την αποκατάσταση όπως φυσικοθεραπεία και εργοθεραπεία, όπως και την άσκηση και τον αθλητισμό.

Οι μελέτες της κίνησης του ανθρώπου (και των ζώων) συμπεριλαμβάνουν μετρήσεις από συστήματα παρακολούθησης της κίνησης, ηλεκτροφυσιολογία της μυϊκής και εγκεφαλικής δραστηριότητας, ποικίλες μεθόδους ελέγχου της φυσιολογικής λειτουργίας, συμπεριφορικές και γνωστικές τεχνικές.

2.3 Νευτώνεια μηχανική

Ο Σερ Ισαάκ Νιούτον (*Sir Isaac Newton*, 4/1/1643 – 31/3/1727) ήταν Άγγλος φυσικός, μαθηματικός, αστρονόμος, φιλόσοφος, αλχημιστής και θεολόγος. Θεωρείται πατέρας της Κλασικής μηχανικής (ή Νευτώνειας μηχανικής), καθώς ξεκινώντας από τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου αλλά και τους νόμους του Κέπλερ για την κίνηση των πλανητών διατύπωσε τους τρεις μνημειώδεις «νόμους της κίνησης» και τον περίτρανο «νόμο της βαρύτητας».

Οι νόμοι του Νεύτων είναι συνοπτικά οι εξής:

1. Πρώτος νόμος (διατήρηση κινητικής κατάστασης - αδράνεια)

Κάθε σώμα διατηρεί την κατάσταση ακινησίας ή ευθύγραμμης ομαλής κίνησης (U) αν δεν ασκείται σε αυτό δύναμη ή ασκείται συνισταμένη δύναμη μηδέν (F).

Εισάγεται η έννοια της αδράνειας ως μία θεμελιώδης ιδιότητα της ύλης. Σύμφωνα με το αξίωμα της αδράνειας κάθε υλικό σώμα έχει την ιδιότητα να τείνει να διατηρεί την κινητική του κατάσταση σταθερή, και να αντιδρά σε κάθε μεταβολή της.

Αν $F=0$ τότε $U=0$ ή $U=σταθερή$

2. Δεύτερος νόμος (η δύναμη προκαλεί επιτάχυνση)

Η ασκούμενη συνισταμένη δύναμη (F) σε ένα σώμα με μάζα (m) προκαλεί επιτάχυνση (a). Η επιτάχυνση έχει την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης και μέτρο ίσο με το πηλίκο της συνισταμένης δύναμης προς την μάζα του σώματος.

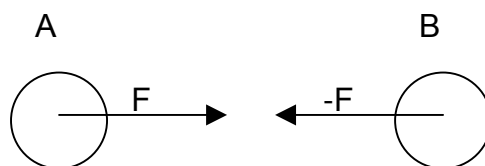
Η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα είναι ανάλογη με την συνισταμένη δύναμη που δέχεται και αντιστρόφως ανάλογη με την μάζα του.

$$\mathbf{a = F / m \quad ή \quad F=a*m} \quad (2.1)$$

3. Τρίτος νόμος (δράση - αντίδραση)

Αν ένα σώμα (A) ασκεί μία δύναμη (F) σε ένα σώμα (B), τότε και το σώμα (B) ασκεί στο σώμα (A) μία ίσου μέτρου αντίθετης φοράς ($-F$) δύναμη στο σώμα A .

Οι δυνάμεις πάντοτε εμφανίζονται ως ζεύγη ίσων και αντίθετων δυνάμεων που ονομάζονται δράση – αντίδραση.



Στην συγκεκριμένη εφαρμογή θα χρησιμοποιήσουμε κυρίως τον Δεύτερο νόμο για να υπολογίσουμε την στιγμιαία επιτάχυνση που αποκτά το ανθρώπινο σώμα κατά την βάρδιση και θα παράγουμε από τις μετρήσεις του οργάνου την καμπύλη βάρδισης.

2.4 Ανάλυση της βάρδισης

Όταν περπατάμε, παράγονται εκτός των άλλων και δυνάμεις τριβής επί του εδάφους. Για παράδειγμα, όταν το πόδι χτυπά το έδαφος με πρόσκρουση της φτέρνας ασκεί μία δύναμη προς το έδαφος. Το έδαφος αντιδρά με ομοίου μεγέθους δύναμη αντίθετης φοράς. Η οριζόντια συνιστώσα της αντίδρασης είναι η τριβή μεταξύ της φτέρνας και εδάφους και η κάθετη συνιστώσα είναι η δύναμη που προκαλεί η μάζα του σώματος κάθετα στο έδαφος. Η δύναμη της τριβής ενεργεί προς τα πίσω ενάντια στην φορά της κίνησης του σώματος και σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα ($a=F/m$) προκαλεί επιτάχυνση με φορά αντίθετη προς τη κίνηση του σώματος, η οποία επιβραδύνει την ταχύτητα του.

Κατά παρόμοιο τρόπο όταν το βήμα ολοκληρώνεται και συγκεκριμένα όταν τα δάχτυλα βρίσκονται στην φάση να αφήσουν το έδαφος, το πόδι ασκεί μία δύναμη στο έδαφος το οποίο και προκαλεί την δύναμη αντίδρασης αντίθετης φοράς. Η οριζόντια συνιστώσα της αντίδρασης είναι η τριβή μεταξύ των δαχτύλων και του εδάφους και η κάθετη συνιστώσα είναι η δύναμη που προκαλεί η μάζα του σώματος κάθετα στο έδαφος. Σε αντίθεση με την προηγούμενη περίπτωση η δύναμη της τριβής ενεργεί προς τα εμπρός και προσδίδει θετική επιτάχυνση στην κίνηση του σώματος.

Με το συγκεκριμένο όργανο μέτρησης δεν μπορούμε να μετρήσουμε την δύναμη των τριβών, παρά μόνον την κάθετη αντίδραση του εδάφους.

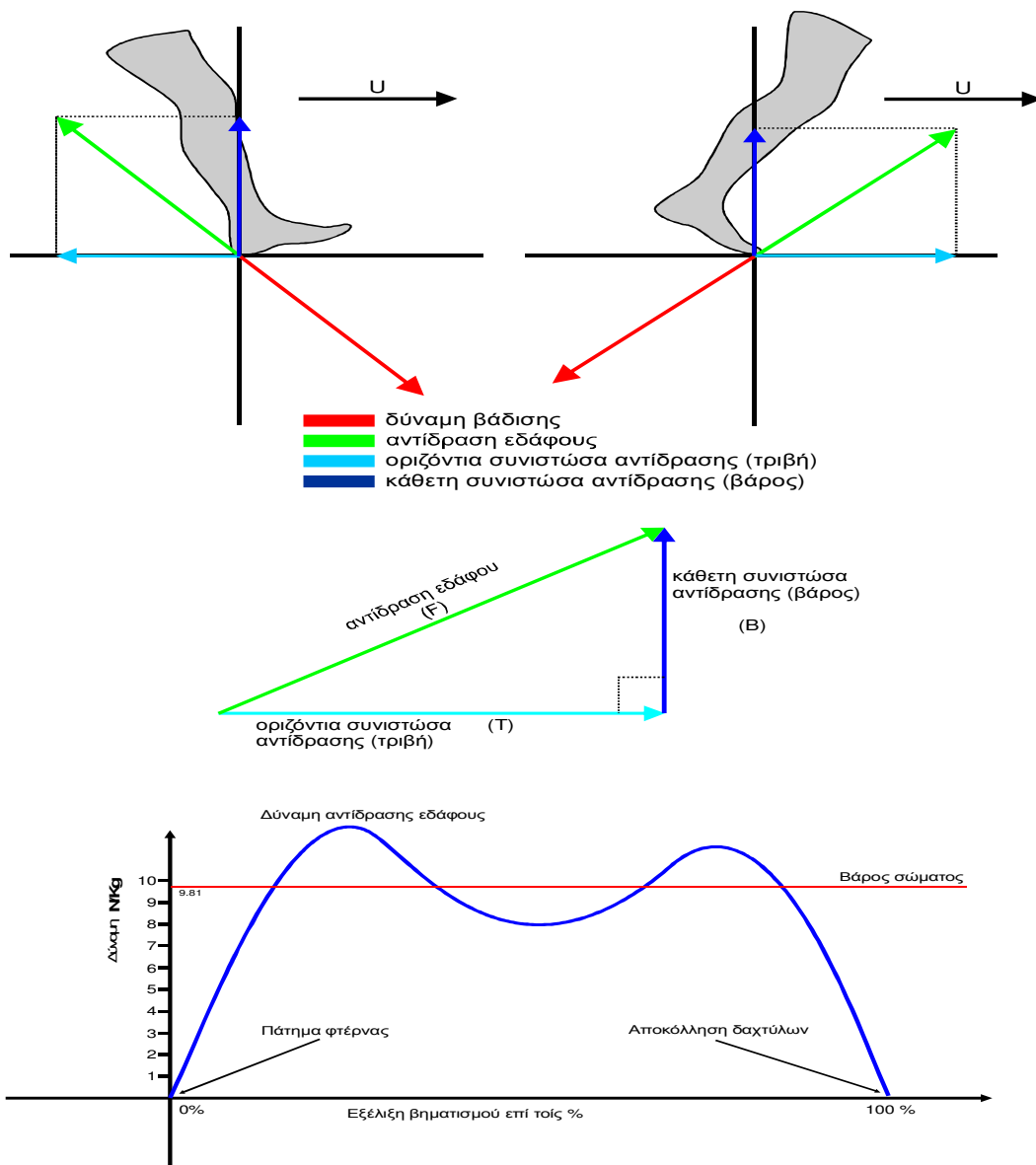
Αν συλλέξουμε όλα τα δεδομένα μέτρησης (της κάθετης δύναμης αντίδρασης του εδάφους) σε έναν πλήρη κύκλο βήματος, από το πάτημα της φτέρνας έως και την αποκόλληση των δαχτύλων από το έδαφος, και τα τοποθετήσουμε σε ένα διάγραμμα όπου στο άξονα των X είναι ο χρόνος και στον άξονα των Y οι μετρήσεις, προκύπτει ένα διάγραμμα όπως στο **Σχ.1**

Για την κανονικοποίηση του διαγράμματος, με σκοπό την εύκολη αποκωδικοποίηση και σύγκρισή του με άλλα όμοια διαγράμματα ανεξάρτητα από το βάρος του σώματος, διαιρούμε κάθε μέτρηση της δύναμης με την μάζα του

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάδισης ανθρώπων.

σώματος. Έτσι στον άξονα των Y οι τιμές έχουν μονάδες N/Kg και το βάρος του σώματος απεικονίζεται από την οριζόντια γραμμή στην θέση 9.81. Επίσης ο άξονας των X απεικονίζει την εξέλιξη ενός πλήρους βήματος σε ποσοστό επί τοις %, κάνοντας εύκολη την σύγκριση ανεξάρτητα από τον χρόνο που διήρκεσε το πλήρες βήμα.

Η καμπύλη που προκύπτει έχει το σχήμα φτερού πεταλούδας (ή καμπούρες καμήλας) και ανάλογα με την χρονική στιγμή εκτείνεται πάνω ή κάτω από το βάρος του σώματος. Από το σχήμα της καμπύλης ο ειδικός ιατρός μπορεί να εξαγάγει συμπεράσματα για την ομαλότητα της βάδισης του εξεταζόμενου ατόμου.



Σχ.1 Ανάλυση βάδισης – διάγραμμα βάδισης

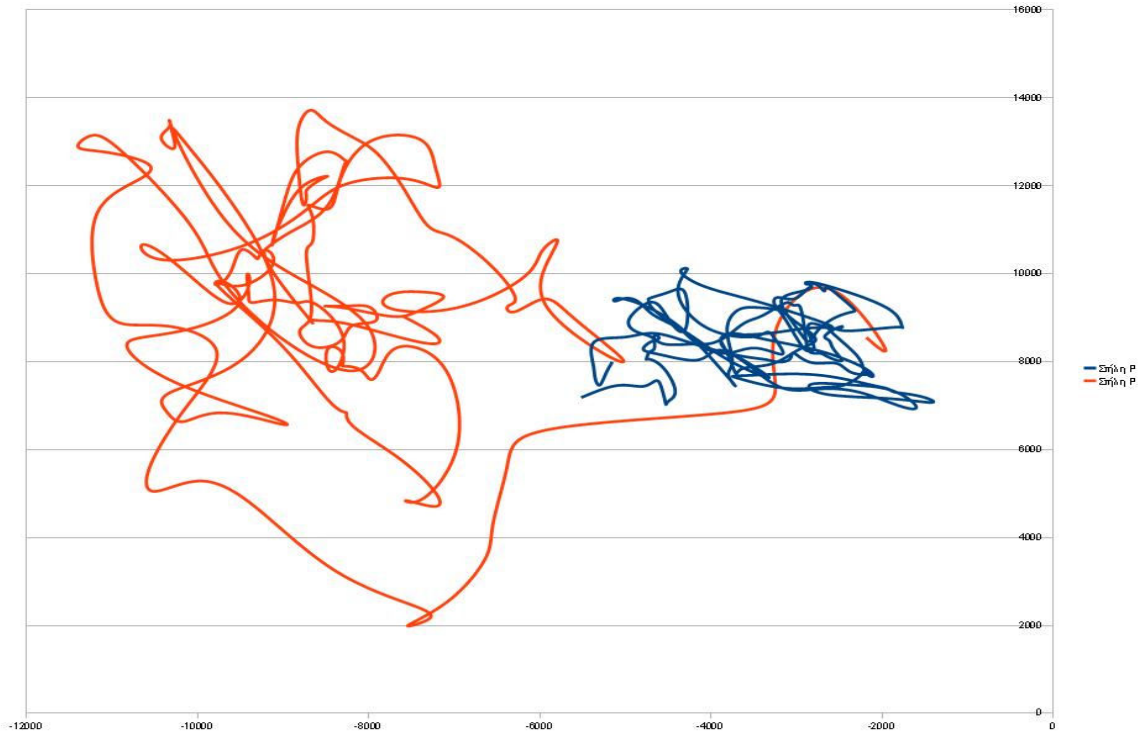
2.5 Ανάλυση της ισορροπίας

Η διατήρηση της ισορροπίας ενός ατόμου είναι μία σύνθετη διαδικασία όπου συμμετέχουν πάρα πολλά διαφορετικά όργανα, νευρικά κέντρα και αισθητήρια του ανθρώπινου οργανισμού. Περιλαμβάνει τη λήψη και οργάνωση ερεθισμάτων από το εξωτερικό αλλά και το εσωτερικό περιβάλλον του οργανισμού, το νευρικό και το μυϊκό σύστημα. Ποιο συγκεκριμένα εκτός των άλλων συμμετέχουν , η όραση , η ακοή, το κεντρικό νευρικό σύστημα, αισθητικοί υποδοχείς, υποδοχείς πίεσης, το μυϊκό σύστημα και φυσικά ο πρωταγωνιστής και κυρίαρχος όλων, ο εγκέφαλος.

Ισορροπία είναι η ικανότητα του ανθρώπινου οργανισμού να διατηρήσει της θέση του (στατική ή δυναμική) ενάντια στην βαρύτητα. Ο κυρίαρχος στόχος είναι η κάθετος που περνάει από το νοητό κέντρο βάρους του σώματος, να βρίσκεται εντός της βάσης στήριξης που δημιουργούν τα πέλματα των ποδιών (βασική αρχή της ισορροπίας στην κλασσική μηχανική). Το σημείο που τέμνει η κάθετος που διέρχεται από το κέντρο βάρους το επίπεδο της βάσης στήριξης (π.χ. έδαφος), ονομάζεται κέντρο πίεσης (Center of Pressure , COP).

Με το συγκεκριμένο όργανο μέτρησης, το κέντρο πίεσης (COP) μπορεί να ανιχνευθεί και να καταγραφεί με συχνότητες έως και 80Hz περίπου. Το αποτέλεσμα της καταγραφής είναι ένα διάγραμμα που τα σημεία της καμπύλης του τοποθετούνται σχεδόν ακανόνιστα γύρω από το θεωρητικό κέντρο πίεσης (αν το άτομο ήταν απολύτως ακίνητο) και υποδηλώνει την προσπάθεια και τις συνεχείς μυϊκές συσπάσεις που κάνει ο οργανισμός για να διατηρήσει τη ισορροπία του. Να κρατήσει δηλαδή την θέση του κέντρο πίεσης εντός της βάσης στήριξης που σχηματίζουν τα πέλματα των ποδιών.

Στα δοκιμαστικά παραδείγματα, έγινε καταγραφή υγιών ατόμων σε όρθια θέση, για 30 δευτερόλεπτα με τα μάτια ανοιχτά και 30 δευτερόλεπτα με τα μάτια κλειστά. Προέκυψαν δύο διαγράμματα βαλμένα στο ίδιο επίπεδο συντεταγμένων, ώστε σε πραγματική καταγραφή να μπορεί ο ιατρός να εξάγει συμπεράσματα για την κατάσταση του ασθενούς. Τα αποτελέσματα της καταγραφής και απεικόνισης των μετρήσεων περιγράφονται στο **Σχ.2**



Σχ.2 Διάγραμμα μέτρησης ισορροπίας

Στην πλατφόρμα του ζυγού υπάρχουν τρία αισθητήρια βάρους τοποθετημένα σε ισόπλευρο τρίγωνο. Το υπό εξέταση άτομο θα πρέπει να στέκεται ακίνητο πατώντας επάνω στα προσχεδιασμένα ίχνη πελμάτων εντός του τριγώνου, άρα και το ίχνος της καθέτου που διέρχεται από τον κέντρο βάρους του σώματός του (το κέντρο πίεσης επί της πλατφόρμας) θα βρίσκεται εντός του τριγώνου.

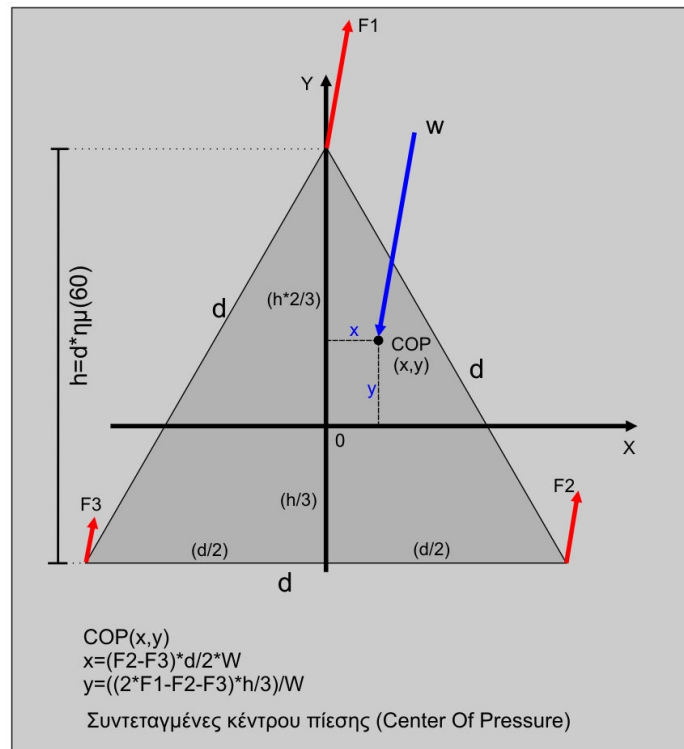
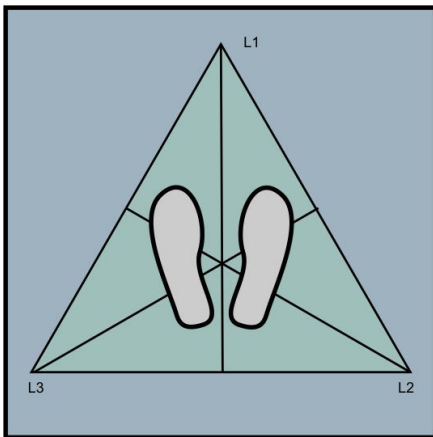
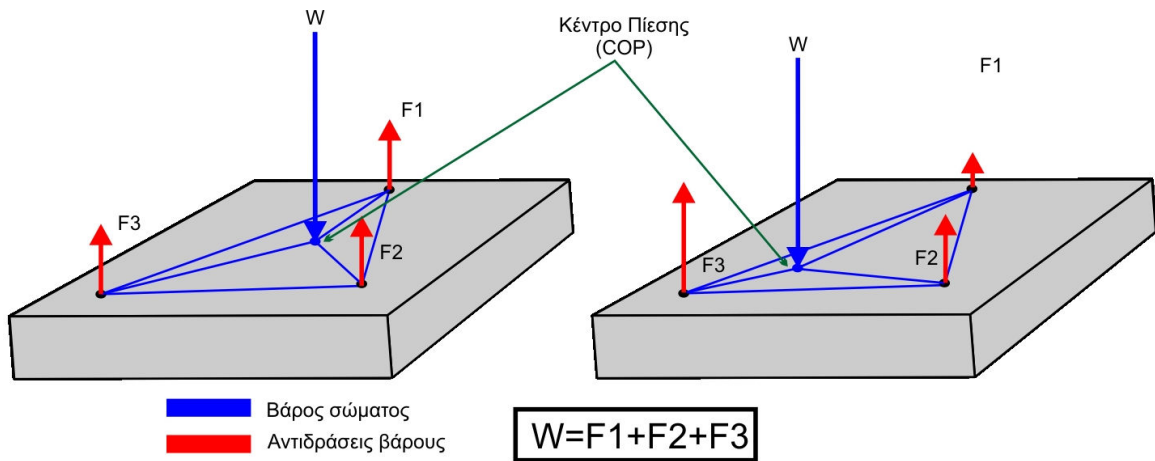
Το βάρος του σώματος ασκεί μία δύναμη στην πλατφόρμα του ζυγού και η άκαμπτη πλατφόρμα μεταφέρει την δύναμη στα τρία αισθητήρια. Σε κάθε αισθητήριο αναπτύσσεται μία δύναμη (ως αντίδραση) της οποίας το μέτρο είναι ανάλογο με την θέση του κέντρου πίεσης επάνω στην πλατφόρμα.

Οι τρεις δυνάμεις που αναπτύσσονται έχουν μεταξύ τους όμοια φορά, αλλά βρίσκονται σε αντίθετη φορά με την δύναμη του βάρους και το αλγεβρικό τους άθροισμα ισούται κατά μέτρο με :

$$\mathbf{W}=\mathbf{F1}+\mathbf{F2}+\mathbf{F3} \quad (2.2)$$

όπου W είναι το βάρος του σώματος σε N και $F1, F2, F3$ οι δυνάμεις που προκαλεί το βάρος σε κάθε ένα από τα αισθητήρια.

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάδισης ανθρώπων.



Σχ.3 Δυνάμεις που αναπτύσσονται στην επιφάνεια της πλατφόρμας

Όπως μπορούμε να δούμε και στο **Σχ.3** αν νοητά τοποθετήσουμε δύο άξονες X,Y επάνω στην πλατφόρμα, όπου ο άξονας των Y είναι ευθυγραμμισμένος με το ύψος του τριγώνου και ο άξονας των X τέμνει τον άξονα των Y στο κέντρο βάρους του τριγώνου, τότε είμαστε σε θέση εφαρμόζοντας την θεωρία των ροπών να

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

βρούμε τις συντεταγμένες (x,y) του κέντρου πίεσης. Μετρώντας κάθε στιγμή τις δυνάμεις F1,F2 και F3, μπορούμε να υπολογίσουμε τις τιμές των x,y σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους, όπου d το μήκος της πλευράς του τριγώνου και h το ύψος του (για τα ισόπλευρα τρίγωνα το ύψος ισούται με το μήκος της πλευράς επί το ημίτονο της γωνίας των 60^0 , $h=d*\eta\mu60$).

Άρα για COP(x,y):

$$x = (F2*(d/2)+F3*(-d/2))/W = (F2-F3)*d/(2*W)$$

και

$$y = (F1*h*2/3)+F2*(-h/3)+F3*(-h/3))/W = ((2*F1-F2-F3)*h/3)/W = \\ = ((2*F1-F2-F3)*d*0,289)/W$$

$$\mathbf{x = (F2 - F3) * d / 2 * W} \quad (2.3)$$

$$\mathbf{y = ((2*F1-F2-F3)*d*0,289)/W} \quad (2.4)$$

Το εν λόγω όργανο μέτρησης, μετράει συνεχώς τις ενδείξεις των αισθητήριων βάρους (load cells) , υπολογίζει τις δυνάμεις σε N και την μάζα του σώματος σε Kg (για $\gamma=9,81$ N/m) και στέλνει τα αποτελέσματα στο ηλεκτρονικό υπολογιστή μαζί με το χρόνο σε msec που πέρασε από την προηγούμενη μέτρηση. Με την βοήθεια του χρόνου (dt) που καταμετρά το όργανο, στον ηλεκτρονικό υπολογιστή μπορεί να μετρηθεί και η επιτάχυνση των κινήσεων που καταγράφηκαν. Μπορεί δηλαδή να εξαχθεί και συμπέρασμα για το πόσο γρήγορα ή αργά έγιναν οι ενστικτώδεις κινήσεις του ανθρώπινου οργανισμού για να διορθώσει και να συντηρήσει την ισορροπία του σε όρθια θέση.

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

3.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο περιγράφει την αρχιτεκτονική του οργάνου, τόσο των μηχανικών μερών του όσο και του ηλεκτρονικού κυκλώματος το οποίο αναπτύχθηκε για αυτόν τον σκοπό. Θα γίνει λεπτομερής περιγραφή των υλικών της μηχανολογικής κατασκευής καθώς και των μερών του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος.

3.2 Γενική περιγραφή του οργάνου

Το εν λόγω όργανο είναι ένας ειδικός ζυγός με τρεις ανεξάρτητους αισθητήρες βάρους (loadcells), τοποθετημένα με τέτοιο τρόπο στην πλατφόρμα ώστε να δίνουν αξιοποιήσιμες πληροφορίες για την ισορροπία και την βάρδιση του υπό εξέταση ατόμου. Το όλο σύστημα καταγραφής και μέτρησης στηρίζεται σε μικροελεγκτή ο οποίος με τη βοήθεια A/D converters μετράει και καταγράφει τις αδιόρατες κινήσεις που κάνει το ανθρώπινο σώμα ώστε να κρατήσει την ισορροπία του. Τα αποτελέσματα αποστέλλονται σε Η/Υ μέσω θύρας RS232 για την παραγωγή των χαρακτηριστικών καμπυλών και διαγραμμάτων, αναγνώσιμες από τους ειδικούς ιατρούς. Για την καταγραφή των αποτελεσμάτων και για την παραγωγή των διαγραμμάτων χρησιμοποιείται το πρόγραμμα excel.

Αν και ο ζυγός δεν διαθέτει φυσικό πληκτρολόγιο και οθόνη, ωστόσο έχει δοθεί έμφαση ώστε να είναι φιλικός προς τον χρήστη (user friendly) και να τον καθοδηγεί μέσω μηνυμάτων και πληροφοριών για την ομαλή λειτουργία και χρήση μέσω της θύρας RS232, τα οποία εμφανίζονται στο τερματικό (Η/Υ).

3.3 Περιγραφή πλατφόρμας

Η πλατφόρμα του οργάνου αποτελεί το τεχνητό έδαφος όπου πατάει ή στέκεται το υπό εξέταση άτομο. Θα πρέπει να παρουσιάζει σχετική ακαμψία και να αντέχει τα βάρη και γενικότερα τις δυνάμεις που θα δεχθεί κατά την λειτουργία.

Για τον σκοπό αυτό μηχανικά είναι κατασκευασμένη από χαλύβδινη λαμαρίνα ικανού πάχους ώστε να παρουσιάζει τα προαναφερθέντα μηχανικά χαρακτηριστικά.

Οι δυναμοκυψέλες είναι τοποθετημένες σε διάταξη ισοσκελούς τριγώνου (μία σε κάθε κορυφή) και έχουν μηχανικά χαρακτηριστικά ώστε να αντέχουν τις δυνάμεις που πρόκειται να ασκηθούν. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή επιλέχθηκαν δυναμοκυψέλες μέγιστης δυναμικότητας 60kg ή κάθε μία με δυνατότητα υπερφόρτωσης 150%. Η συνολική δυναμικότητα του συστήματος της πλατφόρμας είναι 180Kg (ή δύναμης 1765 N) με όριο υπερφόρτωσης 270kg (ή δύναμης 2648 N). Τα όρια έχουν ικανή απόσταση ασφαλείας κατά πολύ πιο πάνω από τις δυνάμεις που θα ασκηθούν στην πραγματική εφαρμογή.

Οι δυναμοκυψέλες αποδίδουν 2mV ανά volt τροφοδοσίας σε πλήρες φορτίο. Η τάση τροφοδοσίας τους είναι 5V άρα η αναμενόμενη τάση εξόδου σε πλήρες φορτίο (60kg) είναι 10mV για την κάθε μία. Ο ζυγός σαν ηλεκτρονικό σύστημα μέτρηση μάζας (και δυνάμεων), υπακούει σε κάποια συγκεκριμένα μετρολογικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 1**).

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάδισης ανθρώπων.

Μετρολογικά χαρακτηριστικά	
Μέγιστη δυναμικότητα MAX	150kg
Υποδιαίρεση e=d	20g
Πλήθος εσωτερικών υποδιαιρέσεων	150.000 div
Πλήθος εξωτερικών υποδιαιρέσεων	7.500 div
Κλάση οργάνου (class)	3 (class III)
Αρχική απόκλιση φυσικού μηδέν (initial zero offset)	+/- 30%
Μηχανικό όριο αντοχής (θραύσης)	150 % (225Kg)
Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	
Τάση λειτουργίας	230V AC, 50Hz
Μέγιστη κατανάλωση ισχύος	12 watt
Χαρακτηριστικά επικοινωνίας RS232	
Είδος επικοινωνίας	Σειριακή RS232
Baud rate	38400 bps
Data	8 bit
Stop	1 bit
Parity	no
Hand shaking signals	no
Πρωτόκολλο επικοινωνίας	ASCII based (παράρτημα 1)

Πίνακας 1 – τεχνικά χαρακτηριστικά

3.4 Ηλεκτρονικό κύκλωμα

Το ηλεκτρονικό κύκλωμα ([παράρτημα 5](#)) είναι ένας μικροϋπολογιστής βασισμένος στον micro controller ATmega328p της ATMEL. Ο ATmega328p έχει 32KB flash rom που είναι υπέρ αρκετή για την συγκεκριμένη εφαρμογή, 2KB static, 512B eeprom και τρέχει βασισμένος στο εσωτερικό του ρολόι στους 8MHz. Το κύκλωμα ξεκινάει με το τροφοδοτικό τύπου switching όπου μετασχηματίζει τα 230V AC του δικτύου τροφοδοσίας και αποδίδει 8v dc στα 2A. Ολοκληρώνεται με τα σχετικά σταθεροποιητικά LM7805 και τα παρελκόμενα παθητικά βοηθητικά εξαρτήματα (πυκνωτές κλπ) που παρέχουν τα απαιτούμενα 5v επαρκώς σταθεροποιημένα ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες της εφαρμογής.

Την μετατροπή των αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά έχουν αναλάβει τρεις A/D converters ΣΔ 24bit (HX711) , ένας για κάθε δυναμοκυψέλη. Η κάθε δυναμοκυψέλη είναι συνδεδεμένη σε ένα A/D converter και αυτός με την σειρά του μεταβιβάζει τα αποτελέσματα της μετατροπής που έκανε στον κεντρικό μικροεπεξεργαστή. Ο μικροεπεξεργαστής αναλαμβάνει με την βοήθεια του firmware να επεξεργαστεί τις μετρήσεις, να τις φιλτράρει μέσω ψηφιακών φίλτρων και να τις μετατρέψει σε πραγματικές μετρήσεις δυνάμεων (και βάρους).

Στην συνέχεια αποστέλλει τις τιμές των μετρούμενων δυνάμεων στον Η/Υ ακολουθούμενες από χρονοσφραγίδα που περιγράφει το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε μεταξύ της τρέχουσας μέτρησης και της προηγούμενης.

Σε κάθε κύκλο επεξεργασίας ο μικροελεγκτής διαβάζει από τους A/D converters την ένδειξη κάθε δυναμοκυψέλης, εκτελεί μία σειρά από ψηφιακά φίλτρα για την αποκοπή θορύβων (μηχανικών και ηλεκτρικών) , κάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς για να μετατρέψει τις μετρήσεις σε πραγματικές τιμές δυνάμεων και βάρους και στέλνει τα αποτελέσματα στην σειριακή θύρα RS232. Ο κύκλος αυτό επαναλαμβάνεται συνεχώς και διακόπτεται μόνο πρόσκαιρα και για πολύ μικρό χρονικό διάστημα από interrupt που παράγονται όταν το UART της CPU έχει λάβει στην είσοδό του (Rx), εντολές που έχουν σταλεί από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και τις εκτελεί άμεσα.

Η CPU είναι ο μικροελεγκτής ATMEGA328P της ATMEL, ο οποίος είναι της οικογένειας AVR, 8bit με 32KB flash ROM , 2KB στατική RAM και 512B EEPROM. Η CPU τρέχει στα 8MHz με την βοήθεια του εσωτερικού της

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

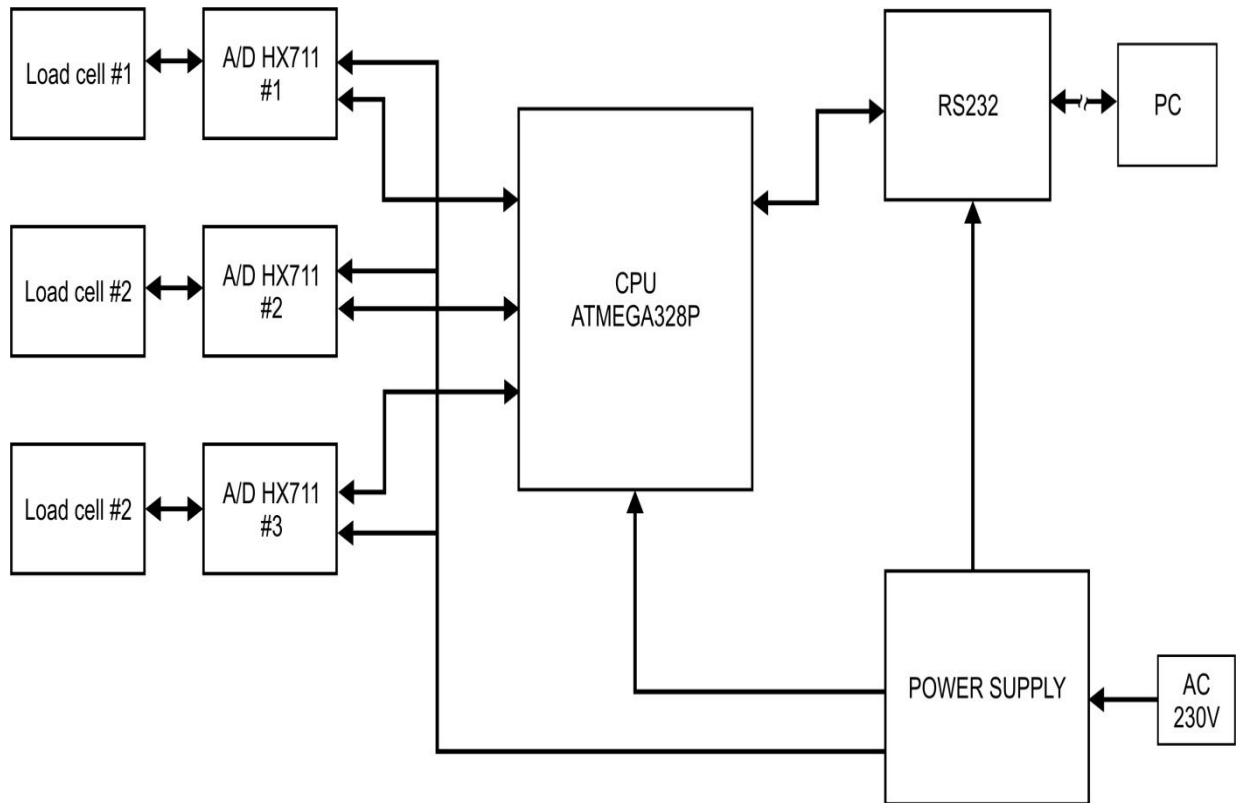
κυκλώματος χρονισμού και χρησιμοποιεί περίπου το 50% της flash memory για τον κώδικά του προγράμματος, το 70% της ram memory για την αποθήκευση μεταβλητών και πινάκων και περίπου το 10% της eeprom memory για μόνιμη αποθήκευση των διαφόρων settings του ζυγού.

Οι A/D converters είναι οι HX711 τεχνολογίας ΣΔ, 24 bit με μέγιστη ταχύτητα μετατροπής 80 μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο. Η επικοινωνία μεταξύ A/D converter και CPU γίνεται σειριακά και κάθε μετατροπέας έχει ξεχωριστό bus επικοινωνίας ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα ανάγνωσης των μετρήσεων ταυτόχρονα και από τους τρεις.

Το UART της CPU από την στάθμη TTL οδηγείται στον TTL to RS232 converter, MAX232, ώστε τα TTL σήματα του UART της CPU να μετατραπούν σε στάθμες σημάτων RS232. Η επικοινωνία είναι πλήρης αμφίδρομη (FULL DUPLEX) και δεν χρησιμοποιεί σήματα χειραψίας (handshaking) παρά μόνο το Rx για την λήψη και το Tx για την εκπομπή.

Το τροφοδοτικό αποτελείται από δύο τμήματα. Το ένα τμήμα είναι ένα switching τροφοδοτικό 230V AC σε 12V/1A DC και το δεύτερο τμήμα το οποίο είναι ενσωματωμένο στην κεντρική πλακέτα όπου με την βοήθεια σταθεροποιητών LM7805 και το απαιτούμενων πυκνωτών παράγει τα 5V για την λειτουργία των ψηφιακών και αναλογικών κυκλωμάτων.

Στο [παράρτημα 5](#) απεικονίζεται το πλήρες ηλεκτρονικό σχέδιο του ζυγού με όλες τις λεπτομέρειες των εξαρτημάτων, των διασυνδέσεων καθώς και των βυσμάτων (connectors). Το παρακάτω Σχ.4 απεικονίζει σε block διάγραμμα τον ζυγό καθώς και τις διασυνδέσεις των κύριων module που τον αποτελούν.



Σχ.4 Block διάγραμμα ζυγού

3.5 Πρόγραμμα λήψης και καταγραφής

Για την λήψη και την καταγραφή των αποτελεσμάτων μέτρησης, καθώς επίσης και για την αποστολή εντολών προς τον ζυγό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα hyper-terminal των windows ή οποιοδήποτε άλλο σχετικό πρόγραμμα. Η αποστολή των δεδομένων από τον ζυγό γίνεται σε ASCII και μάλιστα σε μορφή που η άμεση καταγραφή και αποθήκευση τους από το πρόγραμμα hyper-terminal σε ένα text αρχείο, να είναι αναγνώσιμη από το πρόγραμμα Excel.

Με την βοήθεια του Excel μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα διάγραμμα του οποίου οι καμπύλες θα είναι οι μετρήσεις από το κάθε αισθητήριο βάρους σε

σχέση με τον χρόνο. Από την εξέταση του διαγράμματος ο ιατρός θα μπορεί να αξιολογήσει την ικανότητα ισορροπίας τους ατόμου με πολύ μεγάλη ακρίβεια, δεδομένου ότι η πολύ υψηλή δειγματοληψία (80Hz) δίνει μία λεπτομερή απεικόνιση των κινήσεων που έγιναν.

3.6 Πρωτόκολλο επικοινωνίας

Η θύρα RS232 είναι το μέσον (hardware) της επικοινωνίας. Οι κανόνες επικοινωνίας καθώς και η μορφή των δεδομένων που θα ανταλλάξουν τα δύο τερματικά (ζυγός και Η/Υ) είναι το πρωτόκολλο επικοινωνίας. Η αποστολή των τιμών των δυνάμεων, βάρους και χρόνου γίνεται σε ASCII με πεδία σταθερού μήκους 8 χαρακτήρων, διαχωρισμένα με κόμμα (,). Στο τέλος της κάθε αποστολής αποστέλλονται και οι χαρακτήρες τερματισμού 'enter' (ASCII 0D hex, 13 dec) και 'return' (ASCII 0A hex, 10 dec).

Συγκεκριμένα στέλνονται οι μετρήσεις από κάθε ένα loadcell (#1, #2 , #3), το βάρος καθώς και ο χρόνος που μεσολάβησε μεταξύ των δύο block μετρήσεων (του προηγούμενου και του τρέχοντος). Πρώτα έρχεται το πρόσημο ('space' ή '-') και μετά ένα ένα τα ψηφία της κάθε μέτρησης αρχής γενομένης από το περισσότερο σημαντικό ψηφίο (MSD) έως και το λιγότερο σημαντικό ψηφίο (LSD). Ακολουθεί ένα 'κόμμα' και αμέσως μετά ο επόμενος αριθμός. Το Block των δεδομένων κλείνει με του χαρακτήρες τερματισμού 'enter' και 'return', ASCII 13dec και ASCII 10 dec αντίστοιχα. Κάθε block δεδομένων είναι μία μέτρηση από τις συνολικά 80 στην μέγιστη ταχύτητα δειγματοληψίας.

Παράδειγμα block δεδομένων:

```
-025.120, 030.240, 060.130, 065.250,      23.5
```

```
(enter 0Dhex, return 0Ahex)
```

Από τον Η/Υ μπορούν να σταλούν διάφορες εντολές προς τον ζυγό.

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

Όλες οι εντολές αποτελούνται από ένα και μόνο χαρακτήρα και δεν έχουν χαρακτήρες τερματισμού (enter και return). Ο παρακάτω **Πίνακας 2**, περιγράφει τις εντολές που μπορεί να στείλει ο Η/Υ καθώς και την λειτουργία τους.

Η λεπτομερής περιγραφή των εντολών καθώς και η διαδικασία καλιμπραρίσματος, περιγράφονται στο [παράρτημα 4](#).

Εντολές διαχείρισης ζυγού		
Χαρακτήρας αποστολής	Κωδικός ASCII (dec)	Περιγραφή εντολής
Z	90	Εύρεση νέου φυσικού μηδέν. Μηδενισμός βάρους
W	87	Αποστολή δεδομένων μετρήσεων (μία φορά)
C	67	Συνεχείς αποστολή δεδομένων μετρήσεων. Η ακύρωση γίνεται όταν σταλεί και πάλι ο χαρακτήρας 'C'
O	79	Μέτρηση offset COP. Μηδενισμός επιμέρους μετρήσεων αισθητήρων, εκτός βάρους.
S	83	Εισαγωγή στο menu setup του ζυγού (περιγράφεται παρακάτω στην ενότητα 'Καλιμπράρισμα - εισαγωγή αρχικών παραμέτρων')
R	83	Επανεκκίνηση συστήματος (Restart system)

Πίνακας 2 – εντολές διαχείρισης ζυγού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

4.1 Εισαγωγή

Στο παρών κεφάλαιο θα αναπτυχθεί αναλυτικά ο τρόπος κατασκευής του οργάνου (μηχανολογικά και ηλεκτρονικά).

Τέλος θα παρουσιαστούν τα κρίσιμα κομμάτια του κώδικα firmware της κεντρικής υπολογιστικής μονάδας.

4.2 Μηχανικό μέρος

Τα μηχανικά μέρη του οργάνου είναι η πλατφόρμα του.

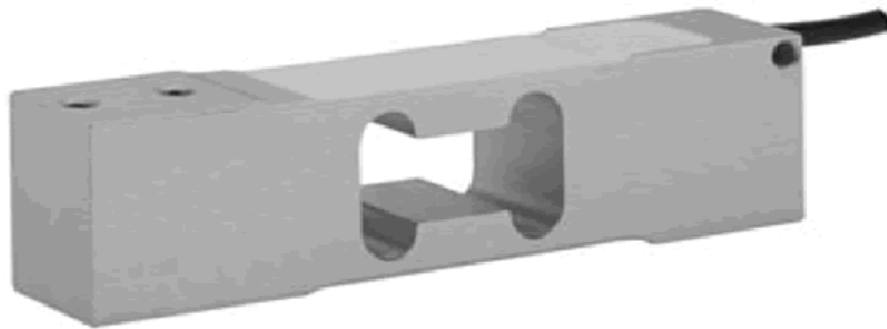
Η πλατφόρμα είναι διαστάσεων 40 X 40 cm και είναι κατασκευασμένη από χάλυβα κατάλληλου πάχους για να πετυχαίνεται σχετική ακαμψία στις αναμενόμενου μεγέθους δυνάμεις που θα ασκηθούν. Το μεγάλο βάρος της και η ακαμψία λόγω σχήματος και υλικού, ελαχιστοποιούν την παραμόρφωσή της και αυξάνουν την αδράνεια της στις μεταβολές των δυνάμεων που θα ασκηθούν. Οι ιδιότητες αυτές μικραίνουν τα σφάλματα μέτρησης που οφείλονται στα μηχανικά μέρη.

Αποτελείται από δύο κομμάτια: το επάνω μέρος που είναι η επιφάνεια υποδοχής του φορτίου και το κάτω μέρος που είναι η βάση της και ταυτόχρονα η επιφάνεια έδρασης των δυναμοκυψελών.

Η βάση πατάει στο έδαφος με τέσσερα ελαστικά πόδια για την αποφυγή ολισθήσεων, αλλά και για την ως ένα σημείο απόσβεση κραδασμών από το έδαφος.

Οι δυναμοκυψέλες συγκαταλέγονται και στα μηχανικά και στα ηλεκτρονικά-ηλεκτρικά μέρη. Είναι ηλεκτρομηχανικά εξαρτήματα και όπως έχει προαναφερθεί ο σκοπός τους είναι η μετατροπή την δύναμη (ή πίεσης) που δέχονται σε ηλεκτρικό σήμα.

Η παρακάτω φωτογραφία **Εικ.1** εικονίζει μία δυναμοκυψέλη παρόμοια με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή.



Εικ.1 *Δυναμοκυψέλη*

Η δυναμοκυψέλη είναι μία γεωμετρικά ισορροπημένη μεταλλική κατασκευή η οποία έχει ένα ελεύθερο άκρο, όπου δέχεται την υπό μέτρηση δύναμη και ένα άκρο σταθερά στερεωμένο σε μία επιφάνεια η οποία είναι ικανή να συγκρατήσει τις υπό μέτρηση δυνάμεις που θα εφαρμοστούν χωρίς να μετακινείται ή να παρουσιάζει αισθητή κάμψη.

Επάνω στο σώμα της δυναμοκυψέλης, σε συγκεκριμένα σημεία της, είναι προσκολλημένα τέσσερα ειδικά φιλμ (πιεζοαντιστάσεις , strain gauges). Οι πιεζοαντιστάσεις είναι συνδεδεμένες σε σχήμα γέφυρας wheatston. Οι πιεζοαντιστάσεις μαζί με μία θερμοαντίσταση αποτελούν το ηλεκτρικό – ηλεκτρονικό κύκλωμα που μετατρέπει τις δυνάμεις που ασκούνται στο ελεύθερο άκρο σε αντίστοιχη τάση. Η τάση εξόδου του μετατροπέα (δυναμοκυψέλη) έχει γραμμική συμπεριφορά σε σχέση με το μέτρο της υπό μέτρηση δύναμης και τα

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάδισης ανθρώπων.

συνηθισμένα όρια που κυμαίνεται είναι από 0V , για μηδενική δύναμη, έως 20mV για μέγιστη δύναμη που έχει κατασκευαστεί για να μετράει.

4.3 Ηλεκτρονικό μέρος

Το ηλεκτρονικό τμήμα του οργάνου είναι βασισμένο σε μικροεπεξεργαστή και συγκεκριμένα στον Atmega328P.

Η δυνάμεις που αναπτύσσονται στην επιφάνεια της πλατφόρμας. Μεταφράζονται σε αναλογικά σήματα από τους τρεις αισθητήρες βάρους (load cell) οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε διάταξη ισοσκελούς τριγώνου στο εσωτερικό της πλατφόρμας.

Με την βοήθεια των τριών A/D converters HX711 modules, τα αναλογικά σήματα από τους αισθητήρες μετατρέπονται σε ψηφιακά και οδηγούνται στον μικροεπεξεργαστή για περαιτέρω επεξεργασία.

Ο μικροεπεξεργαστής κάνει τις απαιτούμενες πράξεις και υπολογισμούς , ώστε οι μετρήσεις από τις δυναμοκυψέλες να μετατραπούν σε πραγματικές τιμές δυνάμεων, αφαιρώντας του ψηφιακούς και μηχανικούς θορύβους.

Στην συνέχεια τα αποτελέσματα στέλνονται μέσω σειριακή θύρας RS232 σε Η/Υ με σκοπό την καταγραφή, αποθήκευση και περαιτέρω επεξεργασία, ώστε να παραχθούν τα διαγράμματα ισορροπίας και βάδισης.

Το όλο κύκλωμα τροφοδοτείται με 230V Ac 50Hz και με την βοήθεια ενός switching τροφοδοτικού η τάση του δικτύου μετατρέπεται σε 8V DC επαρκώς σταθεροποιημένη. Στην συνέχεια ένα σταθεροποιητικό lm7805 μαζί με τα απαιτούμενα παθητικά υλικά (πυκνωτές κλπ) , αναλαμβάνει να σταθεροποιήσει πλήρως την τάση στα 5V. Η τάση αυτή των 5V τροφοδοτεί τα ψηφιακά και αναλογικά μέρη, ώστε να λειτουργήσει πλήρως το κύκλωμα.

4.4 Κώδικας firmware

Ζωή στον επεξεργαστή αλλά και συνολικά στο όργανο, δίνει το firmware που τρέχει στον επεξεργαστή. Αυτό πραγματοποιεί τις επικοινωνίες με τις περιφερειακές συσκευές του μικροεπεξεργαστή, αυτό κάνει του υπολογισμούς, και αυτό στέλνει τα αποτελέσματα στον Η/Υ.

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

Ο κώδικας λοιπόν του firmware είναι γραμμένος σε γλώσσα C gcc/avr και αποτελείται από 3100 γραμμές προγράμματος και είναι χωρισμένο σε 64 υπορουτίνες.

Το πρόγραμμα τρέχει σε ένα κεντρικό επίπεδο και διακόπτεται από δυο υπορουτίνες interrupt. Μία για διαχείριση εσωτερικού χρονισμού με σκοπό την μέτρηση πραγματικού χρόνου και εξυπηρέτηση άλλων λειτουργιών και μία που εξυπηρετεί την λήψη δεδομένων από το UART (RS232).

Μέσα από τις πολλές υπορουτίνες του προγράμματος μπορούμε να ξεχωρίσουμε τις παρακάτω κύριες, που θεμελιώνουν την λειτουργία του οργάνου:

Υπορουτίνα μέτρησης A/D converters

Η υπορουτίνα αυτή αναλαμβάνει την επικοινωνία του μικροεπεξεργαστή με τους τρεις A/D converters. Διαβάζει τα δεδομένα τους και τα αποθηκεύει σε προσωρινή μνήμη.

Υπορουτίνα ψηφιακού φίλτρου.

Η υπορουτίνα αυτή παίρνει τα δεδομένα από την ανάγνωση των A/D converters και τα περνάει από μία σειρά ελέγχων και ψηφιακών φίλτρων , ώστε να απομακρύνει τον θόρυβο (μηχανικό ή ηλεκτρικό) που έχει επικαθίσει στις μετρήσεις.

Υπορουτίνα πραγματικής τιμής δυνάμεων.

Η υπορουτίνα αυτή παίρνει τα φιλτραρισμένα δεδομένα μέτρησης και με του κατάλληλους υπολογισμούς και πράξεις τα μεταφράζει σε τιμές πραγματικών δυνάμεων.

Υπορουτίνα επικοινωνίας με τον Η/Υ μέσω RS232.

Η υπορουτίνα αυτή αναλαμβάνει την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ του οργάνου και του υποστηρικτικού Η/Υ.

Αποστέλλει τα δεδομένα μετρήσεων (δυνάμεις και βάρος), καθώς επίσης και τον χρόνο σε msec , μεταξύ των μετρήσεων.

Επίσης λαμβάνει τις εντολές που στέλνει ο Η/Υ και φροντίζει για την άμεση εκτέλεση τους.

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

Εκτός αυτών των πολύ σημαντικών υπορουτινών, σημαντικό ρόλο παίζουν και οι ρουτίνες καλιμπραρίσματος, μηδενισμού και αλλαγής του βαθμού φιλτραρίσματος. Οι συγκεκριμένες βέβαια δεν τρέχουν συνεχώς μέσα στο κύριο loop, αλλά εκτελούνται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και με συγκεκριμένες εντολές.

Ένα πλήθος άλλων υποστηρικτικών υπορουτινών, τρέχει συνεχώς και κατά κύριο λόγο καλείται από τις προαναφερθείσες κύριες υπορουτίνες.

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ

5.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση της ανάπτυξης του τυπωμένου κυκλώματος της κεντρικής υπολογιστικής μονάδας και η κατασκευή της πλατφόρμας. Η ανάπτυξη του πρωτοτύπου ακολουθεί πάντα την μελέτη του θεωρητικού μέρους. Στην πράξη γίνονται αλλαγές και βελτιώσεις οι οποίες συμπληρώνουν την θεωρητική μελέτη ή και ακόμα τροποποιούν κάποια σημεία της σε σημαντικό βαθμό, τα οποία με την σειρά τους επηρεάζουν την κατασκευή του πρωτοτύπου.

Αυτός ο κύκλος αλληλοεπηρεασμού επαναλαμβάνεται πάρα πολλές φορές έως ότου δοθεί ένα πρωτότυπο το οποίο να ικανοποιεί κατά το μεγαλύτερο δυνατόν, τον σκοπό που σχεδιάστηκε και να λειτουργεί άριστα.

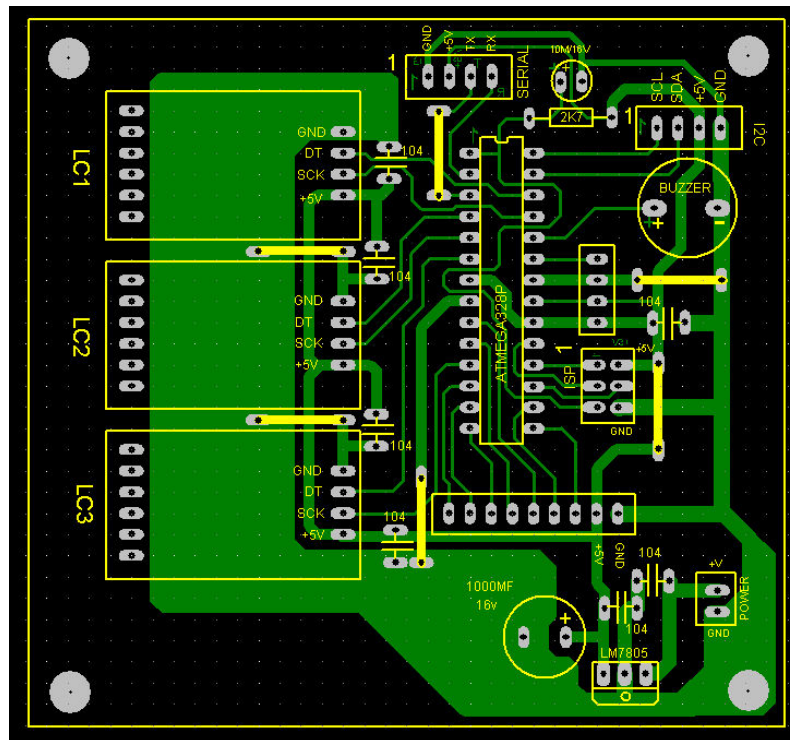
5.2 Κατασκευή τυπωμένου κυκλώματος

Το τυπωμένο κύκλωμα που φιλοξενεί όλα τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στα εργαστήρια της DELMAC INSTRUMENTS. Το τυπωμένο κύκλωμα είναι μονής όψης και σχεδιάστηκε με το πρόγραμμα και το EAZY-PC.

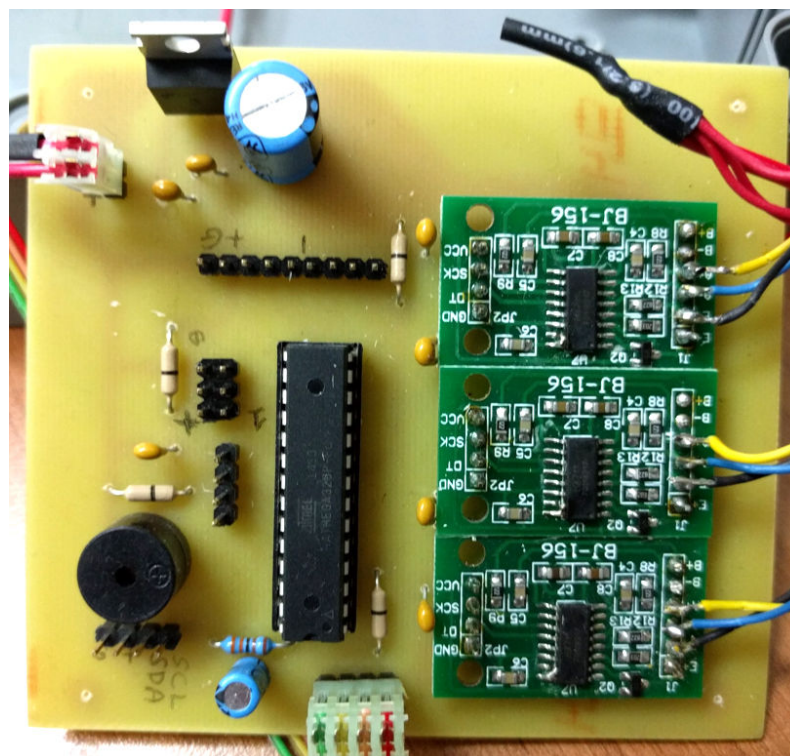
Η μεταφορά του σχεδίου του τυπωμένου κυκλώματος στην επιφάνεια του χαλκού έγινε με την μέθοδο της φωτομεταφοράς και ακολούθησε η αποχάλκωση και το τρύπημα.

Το σχέδιο του τυπωμένου κυκλώματος απεικονίζεται στο **Σχ. 6** και η κεντρική πλακέτα με τα εξαρτήματα στην φωτογραφία **Εικ. 2**

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.



Σχ.6 Τυπωμένο κύκλωμα



Εικ.2 Κεντρική πλακέτα

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

5.3 Κεντρική μονάδα

Η κεντρική μονάδα του οργάνου αποτελείται από το τροφοδοτικό και από την κεντρική πλακέτα όπου όλα μαζί τοποθετήθηκαν με την κατάλληλη διάταξη, σε ένα αδιάβροχο πλαστικό κουτί.

Η κεντρική μονάδα συνδέεται με την πλατφόρμα με τρία καλώδια μπλεντάζ, ένα για κάθε δυναμοκυψέλη και μέσω της θύρας RS232 , με τον Η/Υ που υποστηρίζει το όργανο και διενεργεί τις καταγραφές των μετρήσεων.

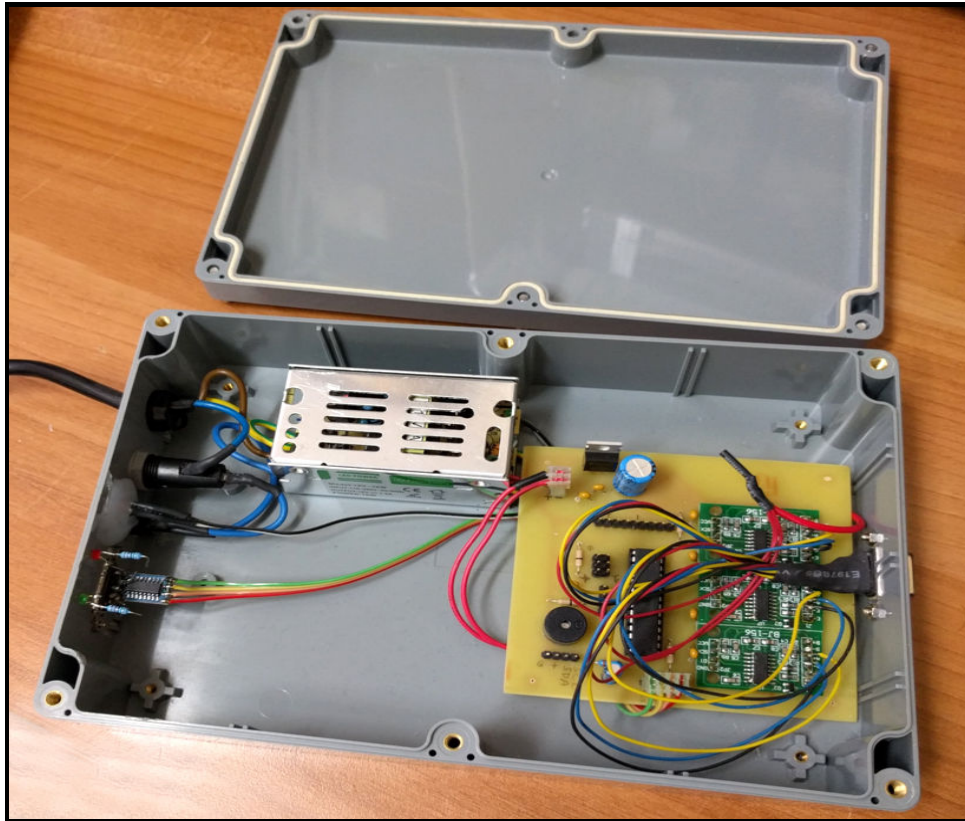
Η τροφοδοσία της κεντρικής μονάδας είναι 230v AC 50Hz και γίνεται μέσω καλωδίου με πρίζα τύπου σούκο.

Η φωτογραφία **Εικ.3** δείχνει την εξωτερική εμφάνιση της κεντρική μονάδας και η φωτογραφία **Εικ.4** το εσωτερικό της.



Εικ. 3 Κεντρική μονάδα

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάδισης ανθρώπων.



Εικ. 4 Εσωτερικό κεντρικής μονάδας

5.4 Πλατφόρμα βάδισης

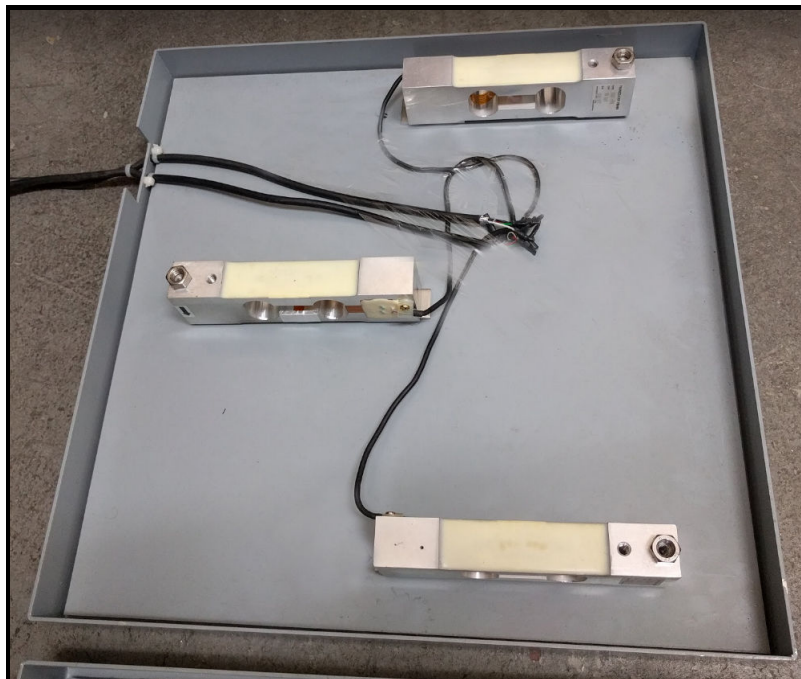
Η πλατφόρμα βάδισης, αποτελείται από τα μεταλλικά μέρη της (τάσι και βάση) και από τις τρεις δυμναμοκυψέλες.

Στις φωτογραφίες **Εικ. 5** και **Εικ. 6** εμφανίζεται η πλατφόρμα βάδισης και το εσωτερικό της.

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.



Εικ. 5 Πλατφόρμα βάρδισης



Εικ. 6 Εσωτερικό πλατφόρμας βάρδισης

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΔΟΚΙΜΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

6.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν πραγματικές μετρήσεις από την διαδικασία δοκιμών, καθώς και διαγράμματα που προκύπτουν. Επίσης θα περιγραφεί αναλυτικά ο τρόπος χρήσης του οργάνου για καταγραφή ισορροπίας και καταγραφή βάρδισης.

6.2 Χρήση για μέτρηση ισορροπίας

Αφού συνδέσουμε την κεντρική μονάδα με τον Η/Υ και προετοιμάσουμε το πρόγραμμα καταγραφής και συλλογής των δεδομένων (hyper terminal ή άλλο όμοιο), ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία.

Το υπό εξέταση άτομο στέκεται ακίνητο στο κέντρο της πλατφόρμας , όσο τον δυνατόν επάνω στα σχήματα των δύο πελμάτων.

Ενεργοποιούμε την καταγραφή σε αρχείο, δίνοντας ένα όνομα π.χ Nikos_eyes_open.csv , **πάντα όμως με την κατάληξη .csv**

Μετά το πέρας του χρόνου καταγραφής που επιθυμούμε (π.χ. 30sec), αποθηκεύουμε το αρχείο.

Ακολούθως το υπό εξέταση άτομο διατηρεί την ίδια στάση σώματος και θέσης, αλλά αυτήν την φορά με τα μάτια κλειστά.

Ενεργοποιούμε την καταγραφή σε αρχείο, δίνοντας ένα όνομα π.χ Nikos_eyes_close.csv , **πάντα όμως με την κατάληξη .csv**

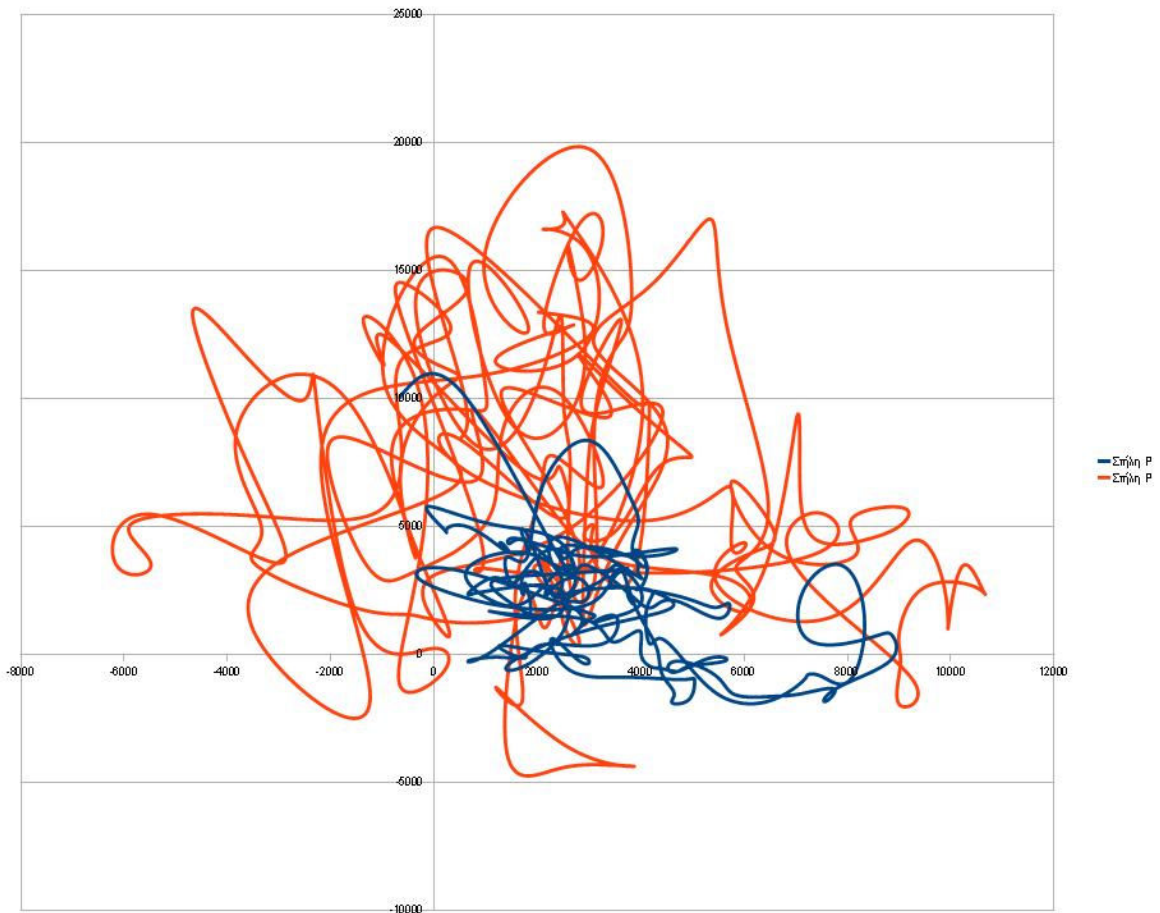
Μετά το πέρας του χρόνου καταγραφής που επιθυμούμε (π.χ. 30sec), αποθηκεύουμε το αρχείο.

Μετά από την παραπάνω διαδικασία έχουμε δύο αρχεία με δεδομένα μετρήσεων. Επειδή έχουν την κατάληξη CSV και φυσικά την κατάλληλη γραμμογράφηση , μπορεί να τα ανοίξει η εφαρμογή excel.

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

Με την βοήθεια του excel κάνουμε υπολογισμούς από τις μετρήσεις και δημιουργούμε στο ίδιο γράφημα τα δύο διαγράμματα των μετρήσεων (μάτια κλειστά και μάτια ανοικτά).

Στο παρακάτω σχήμα **Σχ.7** φαίνεται ένα διάγραμμα πραγματικών μετρήσεων με τον εν λόγω όργανο.



Σχ. 7 Διάγραμμα καταγραφής ισορροπίας

6.3 Χρήση για μέτρηση βάρδισης

Αφού συνδέσουμε την κεντρική μονάδα με τον Η/Υ και προετοιμάσουμε το πρόγραμμα καταγραφής και συλλογής των δεδομένων (hyper terminal ή άλλο όμοιο), ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία.

Τοποθετούμε την επιφάνεια της πλατφόρμας σε ίδιο επίπεδο με το έδαφος βάρδισης.

Ενεργοποιούμε την καταγραφή σε αρχείο, δίνοντας ένα όνομα π.χ Nikos_step_left.csv , **πάντα όμως με την κατάληξη .csv**

Το υπό εξέταση άτομο ξεκινάει να βαδίζει και κάνει ένα πλήρες βήμα πατώντας επάνω στην πλατφόρμα του οργάνου με το αριστερό πόδι.

Αμέσως μετά αποθηκεύουμε το αρχείο.

Στην συνέχεια, ενεργοποιούμε την καταγραφή σε αρχείο, δίνοντας ένα όνομα π.χ Nikos_step_right.csv , **πάντα όμως με την κατάληξη .csv**

Το υπό εξέταση άτομο ξεκινάει να βαδίζει και κάνει ένα πλήρες βήμα πατώντας επάνω στην πλατφόρμα του οργάνου με το δεξί πόδι.

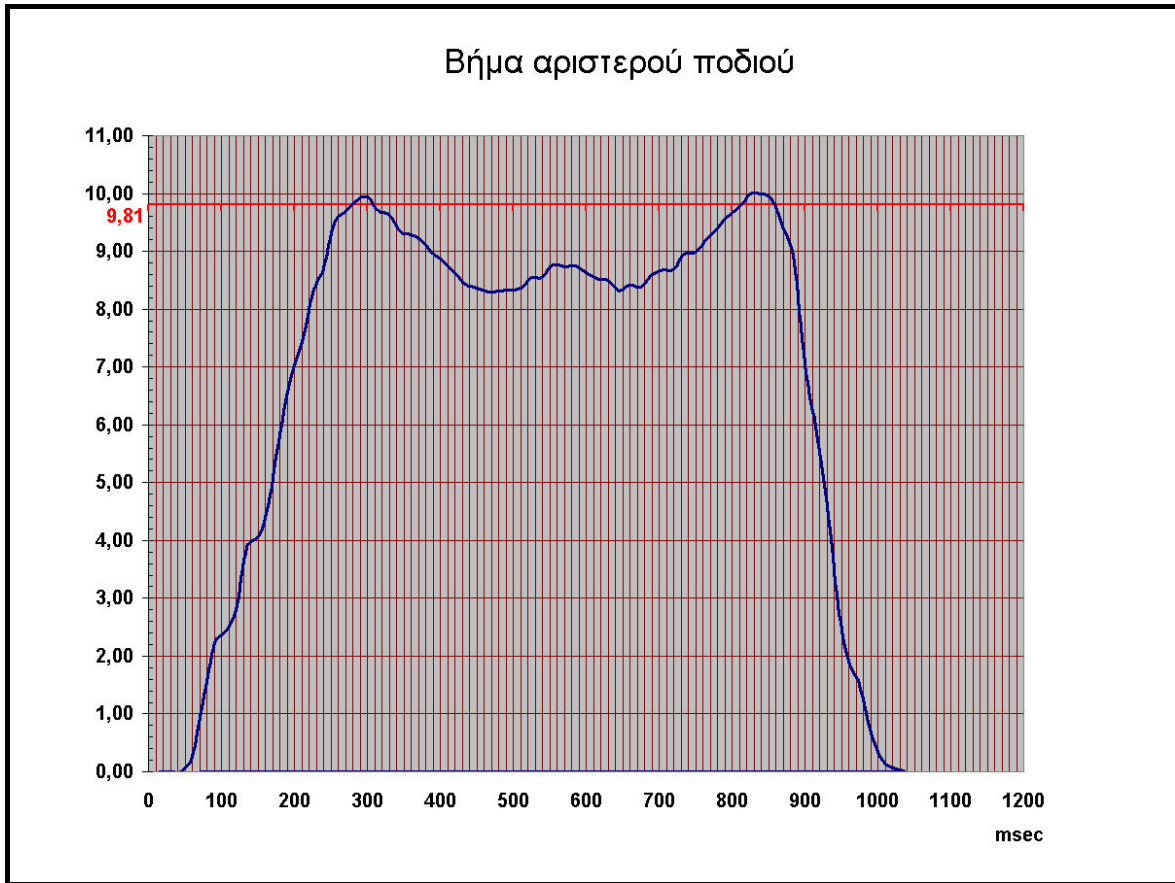
Αμέσως μετά αποθηκεύουμε το αρχείο.

Μετά από την παραπάνω διαδικασία έχουμε δύο αρχεία με δεδομένα μετρήσεων.

Επειδή έχουν την κατάληξη CSV και φυσικά την κατάλληλη γραμμογράφηση , μπορεί να τα ανοίξει η εφαρμογή excel.

Με την βοήθεια του excel κάνουμε υπολογισμούς από τις μετρήσεις και δημιουργούμε στο ίδιο γράφημα τα δύο διαγράμματα των μετρήσεων βάρδισης για το αριστερό και το δεξί πόδι, που έχουν την μορφή φτερού πεταλούδας.

Στο παρακάτω σχήμα **Σχ.8** φαίνεται ένα διάγραμμα βάρδισης πραγματικών μετρήσεων με το εν λόγω όργανο.



Σχ. 8 Καταγραφή βήματος βάρδισης

6.3 Άλλες χρήσεις

Το εν λόγω όργανο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για άλλες παρόμοιες χρήσεις. π.χ καταγραφή πηδήματος επί τόπου, καταγραφή προσγείωσης από μικρό άλμα σε μήκος. Καταγραφή δύναμης κάθετης έλξης άνω άκρων κλπ.

Γενικά οι χρήσεις του μπορεί να είναι πολλές, η ανάλυση τους όμως ξεφεύγει από τους σκοπούς τη παρούσας εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

7.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο περιέχει συμπεράσματα από την δοκιμαστική λειτουργία, καθώς επίσης και ιδέες βελτίωσης και αναβάθμισης, ώστε το όργανο σε μελλοντική επανασχεδίαση να γίνει περισσότερο αξιόπιστο και λειτουργικό.

.

7.2 Συμπεράσματα και βελτιώσεις

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη , την ανάπτυξη και την κατασκευή του εν λόγω οργάνου καθώς και προτάσεις βελτιώσεων είναι τα εξής:

1. Το όργανο λειτουργεί μέσα στα αναμενόμενα πλαίσια και προδιαγραφές του τέθηκαν θεωρητικά.
2. Η κατασκευή του μηχανικού μέρους παρουσίασε κάποιες ατέλειες με αποτέλεσμα οι μετρήσεις κάτω από κάποιες συνθήκες να έχουν ένα μικρό σταθερό σφάλμα. Αυτό συνέβη διότι οι δυναμοκυψέλες (load cells) που χρησιμοποιήθηκαν και ο τρόπος κατασκευής της πλατφόρμας δεν ήταν αυτά που θα έπρεπε για την εν λόγω κατασκευή ώστε να δίνουν απόλυτη ακρίβεια. Η πλατφόρμα και οι δυναμοκυψέλες είναι παροχή και περιουσία του Εθνικού Κέντρου Αποκατάστασης Αναπήρων και για αυτόν τον λόγο χρησιμοποιήθηκαν ως είχαν.
3. Σε μελλοντική επανασχεδίαση τους συστήματος αν χρησιμοποιηθούν A/D converters με μεγαλύτερη ταχύτητα δειγματοληψίας τότε τα γραφήματα που θα προκύπτουν θα περιέχουν μεγαλύτερη λεπτομέρεια με σκοπό την ακριβέστερη αποτύπωση. Επίσης η μεγαλύτερη δειγματοληψία θα δίνει και καλύτερη εικόνα των επιταχύνσεων και τελικά των συσπάσεων των μυών που συμμετέχουν στην διαδικασία της ισορροπίας του ανθρώπινου σώματος και της βάρδισης.
4. Σε μελλοντική επανασχεδίαση του συστήματος η πλατφόρμα και οι δυναμοκυψέλες θα πρέπει να μελετηθούν ειδικά για τον σκοπό αυτό ως προς το είδος και την μηχανική κατασκευή. Αν χρησιμοποιηθούν τέσσερις (4) δυναμοκυψέλες και όχι τρεις (3) όπως τώρα, τότε απλουστεύεται η

διαδικασία ανάλυσης των αποτελεσμάτων και οι απεικονίσεις των διαγραμμάτων γίνονται πιο ακριβείς.

5. Ένα εξειδικευμένο software για τον ηλεκτρονικό υπολογιστή που συλλέγει τα δεδομένα των μετρήσεων, σχεδιάζει τα διαγράμματα και κάνει ανάλυση των μετρήσεων θα έδινε μεγαλύτερη ευελιξία στις απεικονίσεις και τελικά στις διαγνώσεις. Αυτό θα μπορούσε να είναι προϊόν μίας άλλης εργασίας η οποία θα ολοκληρώσει το σύστημα μέτρησης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Στοιχεία επικοινωνίας και διασύνδεσης

Η σειριακή επικοινωνία είναι τύπου RS232 με χαρακτηριστικά 38400 bps, 8 bit , 1 stop, no-parity.

Το κάθε πακέτο δεδομένων αποτελείται συνολικά από 44 bytes μαζί με τους χαρακτήρες τερματισμού (return 0A hex & enter 0D hex).

Το κάθε πακέτο χωρίζεται σε 5 τμήματα σταθερού μήκους και κάθε περιοχή οριοθετείται από την προηγούμενη με τον χαρακτήρα “ ; “ (ελληνικό ερωτηματικό).

Οι αριθμοί είναι στο δεκαδικό σύστημα με ψηφία σε ascii μορφή και εκπέμπονται από το περισσότερο σημαντικό ψηφίο (MSD) προς το λιγότερο σημαντικό (LSD).

Αν είναι δεκαδικός αριθμός έχει τρία ακέραια ψηφία και τρία δεκαδικά με υποδιαστολή το κόμμα “ , “ . Αν είναι προσημασμένος τότε το πρώτο ψηφίο είναι το πρόσημο (“ – “ για του αρνητικούς και “ + “ ή κανό για τους θετικούς).

Ο παρακάτω πίνακας περιγράφει επακριβώς τα δεδομένα της κάθε περιοχής, όσον αφορά το μήκος σε bytes , τον τύπο των δεδομένων, καθώς και την περιγραφή τους.

Περιγραφή πρωτοκόλλου επικοινωνίας μέσω RS232

Περιγραφή τμήματος	Μήκος σε bytes	Τύπος δεδομένων
Τρέχον χρόνος σε msec	6	Ακέραιος θετικός αριθμός σε μορφή dec με ASCII ψηφία από MSD σε LSD
;	1	Διαχωριστικό λίστας
Δύναμη load cell 1	8	Δεκαδικός προσημασμένος αριθμός αριθμός σε μορφή dec με ASCII ψηφία MSD σε LSD
;	1	Διαχωριστικό λίστας
Δύναμη load cell 2	8	Δεκαδικός προσημασμένος αριθμός αριθμός σε μορφή dec με ASCII ψηφία MSD σε LSD
;	1	Διαχωριστικό λίστας
Δύναμη load cell 3	8	Δεκαδικός προσημασμένος αριθμός αριθμός σε μορφή dec με ASCII ψηφία MSD σε LSD
;	1	Διαχωριστικό λίστας
Βάρος σε Kg	8	Δεκαδικός προσημασμένος αριθμός με ASCII ψηφία MSD σε LSD
RETURN	1	ASCII 0Ahex (10 dec)
ENTER	1	ASCII 0Dhex (13 dec)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Firmware




Ο κώδικας της εφαρμογής είναι γραμμένος σε γλώσσα C gcc/avr.

Λόγω του μεγέθους του είναι πρακτικά αδύνατον να εκτυπωθεί σε τρέχουσα λίστα, λόγω της πολύ μεγάλης ποσότητας χαρτιού που θα απαιτηθεί.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Δήλωση συμμόρφωσης CE

(Declaration of conformity CE)

 Digital E lectronic MA nufacturing Co mpany DELMAC INSTRUMENTS ELECTRONIC WEIGHING SYSTEMS ΛΕΒΙΔΙΟΥ 18 10442 ΑΘΗΝΑ GR TEL.+30 2105781770 FAX +30 2105781771 e-mail: master@delmac.gr www.delmac-instruments.com	Specimen Τύπος	A
 Declaration of conformity Δήλωση συμμόρφωσης		
The non-automatic weighing instruments Ζυγός μη-αυτόματης λειτουργίας		
Manufacturer Κατασκευαστής	DELMAC INSTRUMENTS	
Type / model Τύπος / μοντέλο	PSS3LDI	
No of the EC type-approval certificate (where applicable) Αριθμός έγκρισης τύπου EC (όπου εφαρμόζεται)		
<p>corresponds to the production model described in the EC type-approval certificate and to the requirements of the Council Directive 90/384/EEC as amended and to the requirements of the following EC directives:</p> <p>ανταποκρίνεται στο μοντέλο παραγωγής το οποίο περιγράφεται στην έγκριση τύπου EC και στις απαιτήσεις της οδηγίας του συμβουλίου 90/384/EEC καθώς επίσης και στις απαιτήσεις των παρακάτω EC οδηγιών:</p> <p style="text-align: right;">LVD 73/23 EEC 89/336/EEC 93/68/EEC</p>		
Utilized g Λειτουργικό g	9.799 m/s ²	37.00 ° NORTH
Signature Υπογραφή	Date Ημερομηνία	
	14/12/2017	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

Περιγραφή εντολών από τον Η/Υ προς τον ζυγό.

1. Εκκίνηση οργάνου (start-up)

Κατά το άνοιγμα του ζυγού ή μετά από επανεκκίνηση δεν θα πρέπει να υπάρχει κανένα απολύτως βάρος επάνω στην πλατφόρμα του (άτομο ή αντικείμενο). Κατά την έναρξη λειτουργίας του ο ζυγός παίρνει κάθε φορά νέο 'μηδέν' και για αυτόν τον λόγο αν υπάρχει κάποιο βάρος επάνω στην πλατφόρμα το οποίο θα μετακινηθεί μετά, οι μετρήσεις δεν θα είναι σωστές. Όλες οι εντολές που μπορεί να δεχθεί θα πρέπει να είναι πάντα χωρίς χαρακτήρες τερματισμού (enter ASCII 13dec και return ASCII 10dec). Κατά την έναρξή του στέλνει στην RS232 ένα βοηθητικό κείμενο που περιγράφει εν συντομία τις εντολές που μπορεί να δεχθεί.

2. Αλλαγή Φίλτρου Μετρήσεων

Ο ζυγός για να λειτουργήσει σωστά θα πρέπει να γίνουν όλες οι αρχικές ρυθμίσεις και το καλιμπράρισμα του μέσω του menu 'SETUP'. Η εισαγωγή στο menu 'SETUP', γίνεται με την εντολή 'S' (βλ. πίνακας 2). Μόλις ο ζυγός λάβει την εντολή αυτή, διακόπτει κάθε άλλη εργασία και μπαίνει σε κατάσταση ρυθμίσεων. Στο RS232 απαντάει με το παρακάτω μήνυμα που υποδηλώνει ότι μπήκε στο SETUP και αναμένει νέες εντολές.

```
** SETUP **
```

```
1: Set filter
```

```
2: Enter calibration procedure
```

```
R: Restart system (esc)
```

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

Στέλνοντας την εντολή '1' (ASCII 49 dec), ο ζυγός απαντάει με την προηγούμενη τιμή που είχε το φίλτρο μετρήσεων και αναμένει την νέα τιμή με δύο αριθμητικά ψηφία (πρώτα το MSD, χωρίς χαρακτήρες τερματισμού enter ή return).

```
Filter setting (00 -99 '2 digits') . . .
```

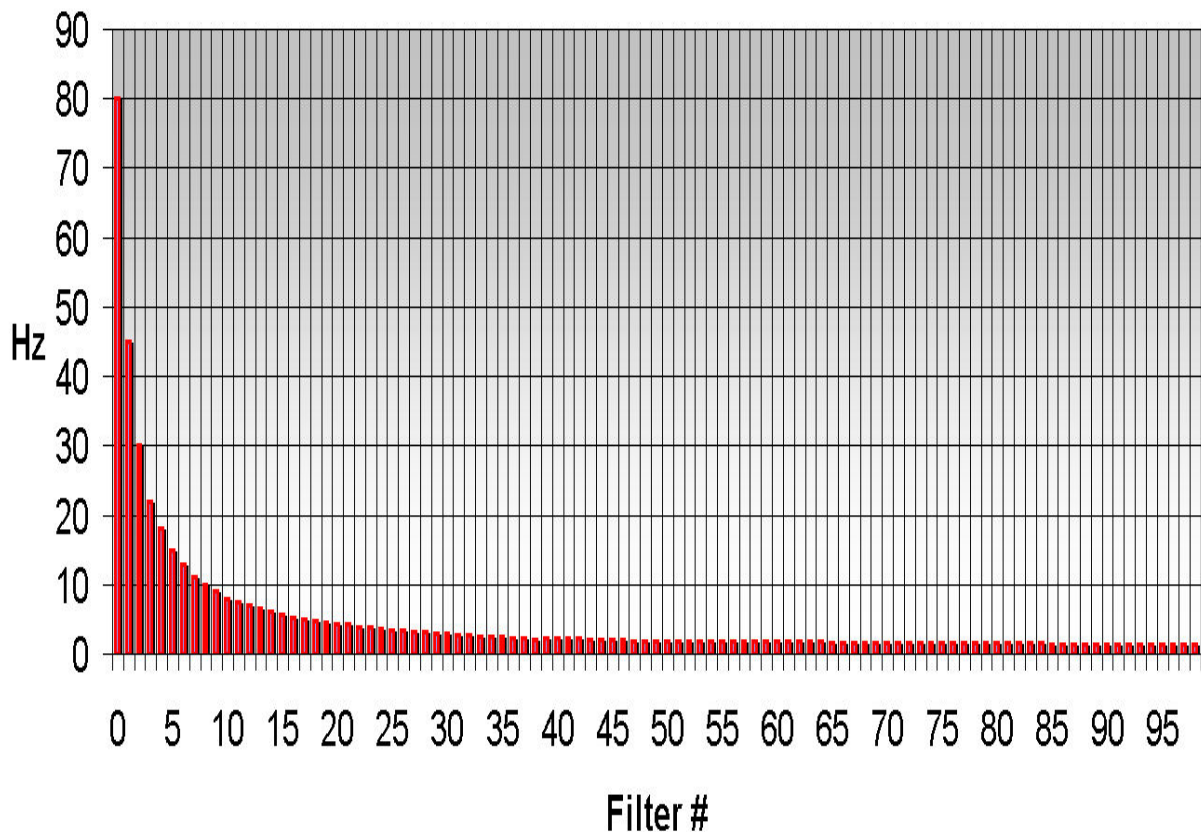
```
Old value: 20
```

```
New value: _
```

Η νέα τιμή που θα δώσουμε θα καταχωρηθεί στην μνήμη eeprom της CPU και θα χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις, έως ότου την αλλάξουμε ξανά επαναλαμβάνοντας την παραπάνω διαδικασία.

Το παρακάτω **Σχ. Π3.1** απεικονίζει την αντιστοιχία των τιμών του φίλτρου μετρήσεων σε σχέση με την συχνότητα δειγματοληψίας.

Συχνότητα δειγματοληψίας / αριθμός φίλτρου



3. Καλιμπράρισμα του Ζυγού

Στο μενού του 'SETUP' στέλνοντας την εντολή '2' ο ζυγός μπαίνει στο υπομενού καλιμπραρίσματος και απαντάει με το παρακάτω μήνυμα και περιμένει νέες εντολές.

```
** Calibration **
```

```
1: Calibration of load cell 1
```

```
2: Calibration of load cell 2
```

```
3: Calibration of load cell 3
```

```
R: Restart system (esc)
```

Το καλιμπράρισμα του συγκεκριμένου ζυγού γίνεται για την κάθε μία δυναμοκυψέλη ξεχωριστά. Αφαιρούμε το επάνω μέρος της πλατφόρμας (τάσι) και το απομακρύνουμε. Τοποθετούμε τον ζυγό οριζόντιο σε σταθερό υπόβαθρο (π.χ. έδαφος) χωρίς δονήσεις ή ρεύματα αέρος και βεβαιωνόμαστε ότι πατάνε σταθερά και τα τέσσερα πόδια της πλατφόρμας. Ακολούθως επιλέγουμε από το παραπάνω μενού το loadcell 1 στέλνοντας τον χαρακτήρα '1' και ο ζυγός απαντάει με το παρακάτω μήνυμα:

```
1: Calibration of load cell 1
```

```
Unload the load cell form any load an send 1
```

Αφαιρούμε οποιοδήποτε φορτίο τυχόν υπάρχει επάνω στο loadcell και στέλνουμε την εντολή '1' (πάντα χωρίς enter ή return). Ο ζυγός απαντάει με το μήνυμα:

```
Measuring zero. . .
```

Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρους ανθρώπων.

Στη φάση αυτή μετράει και προσδιορίζει το επίπεδο του μηδενός. Η διαδικασία παίρνει μερικά δευτερόλεπτα και κατόπιν ο ζυγός στέλνει το παρακάτω μήνυμα:

Zero measuring is complete.

Load the load cell with calibration weight and send 2

Ο ζυγός περιμένει να βάλουμε επάνω στο άκρο του loadcell το βάρος ρύθμισης (calibration weight) όπου στην συγκεκριμένη εφαρμογή είναι 10kg. Όταν το βάρος έχει τοποθετηθεί και δεν υπάρχουν δονήσεις κλπ , στέλνουμε τον χαρακτήρα '2' και ξεκινάει το καλιμπράρισμα και ο ζυγός απαντάει με το παρακάτω μήνυμα:

Calibrating. . .

Στη φάση αυτή μετράει και υπολογίζει τις παραμέτρους που χρειάζονται ώστε η απλή μέτρηση από την δυναμοκυψέλη να γίνει πραγματικό βάρος.

Η διαδικασία παίρνει μερικά δευτερόλεπτα και κατόπιν ο ζυγός στέλνει το παρακάτω μήνυμα και επιστρέφει στο μενού καλιμπραρίσματος:

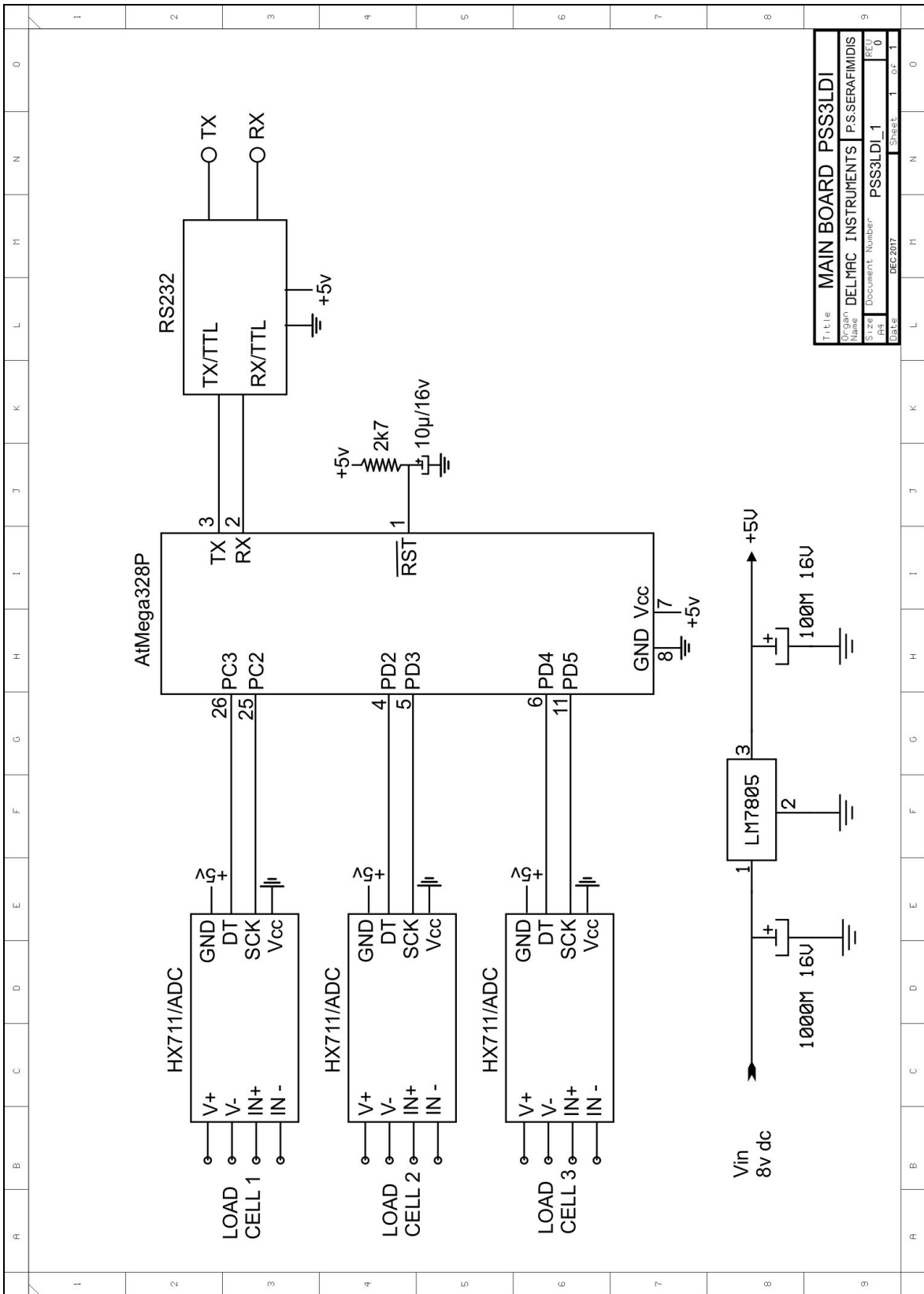
Calibrating is complete.

Το καλιμπράρισμα της δυναμοκυψέλης No.1 έχει τελειώσει και επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία και για τις άλλες δύο δυναμοκυψέλες (No2 και No 3), ακολουθώντας τα βήματα όπως περιγράφηκαν παραπάνω. Στην συνέχεια τοποθετούμε το τάσι του ζυγού στην πλατφόρμα και επανεκκινούμε τον ζυγό είτε μέσω της RS232 στέλνοντας τον χαρακτήρα 'R' (software reset) είτε ανοιγοκλείνοντας τον διακόπτη στην ΚΜΕ (hardware reset).

Σημείωση: Η διαδικασία καλιμπραρίσματος είναι μία κρίσιμη και λεπτή διαδικασία. Θα πρέπει να τηρηθούν όλες οι λεπτομέρειες με προσοχή (αποφυγή δονήσεων ρευμάτων αέρος κλπ) και επίσης το βάρος καλιμπραρίσματος **να είναι ακριβώς 10kg** (κατηγορίας κατ' ελάχιστον M1), ώστε οι μετέπειτα μετρήσεις να είναι ακριβείς και αξιόπιστες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5

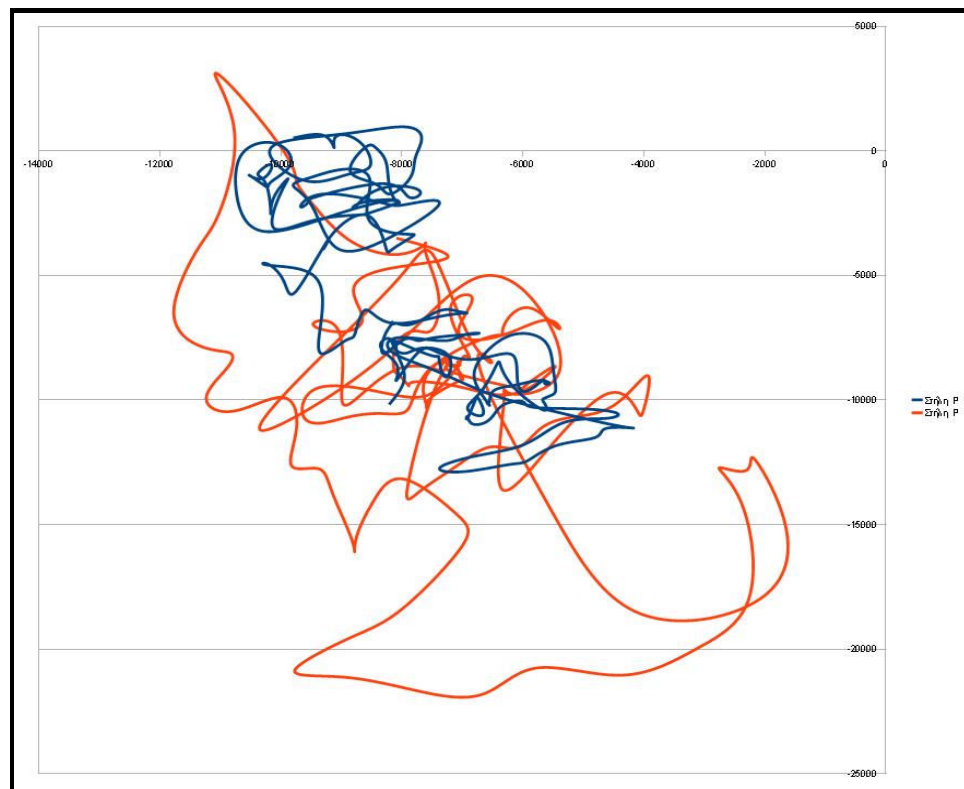
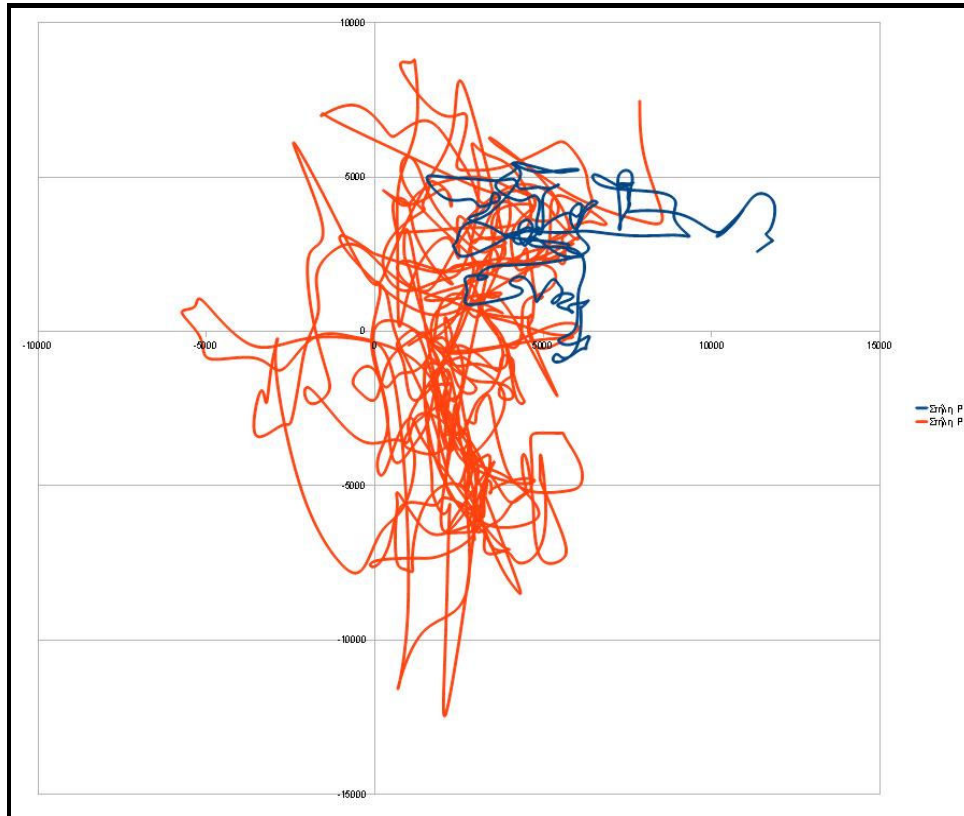
Ηλεκτρονικό κύκλωμα



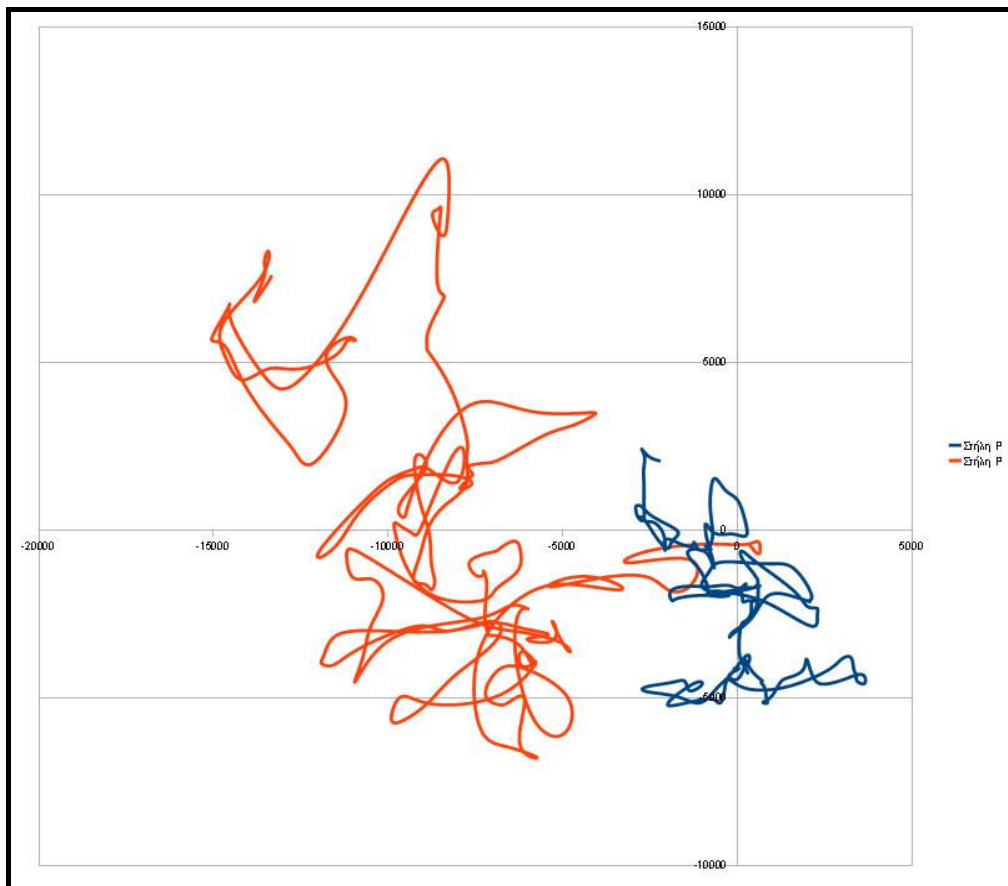
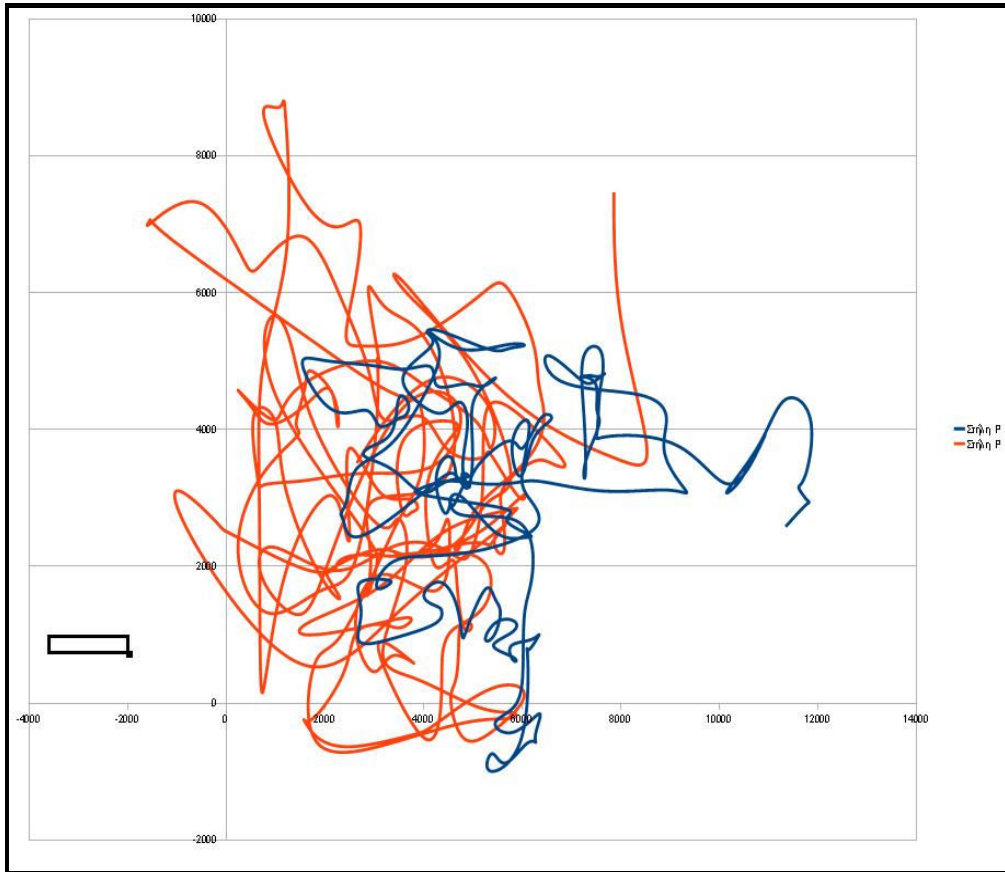
Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.

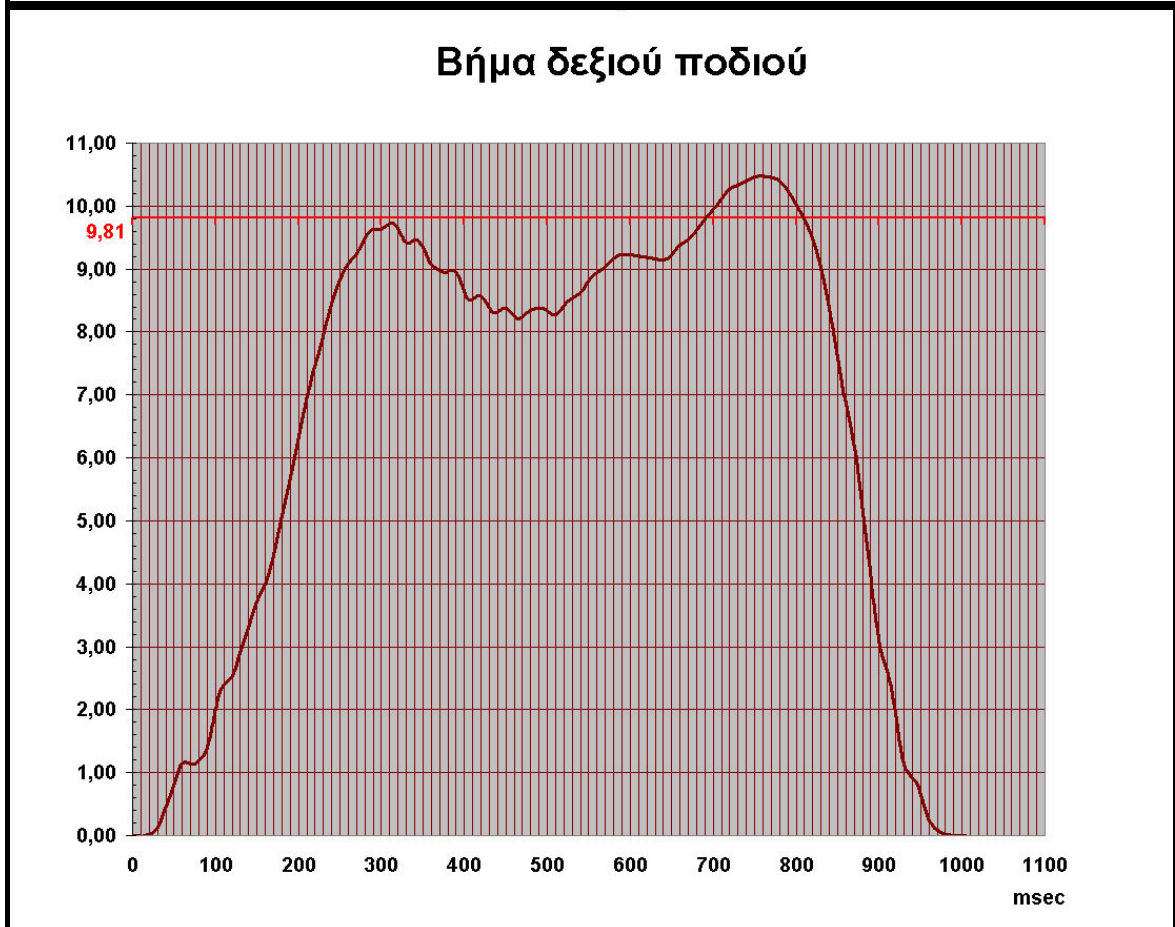
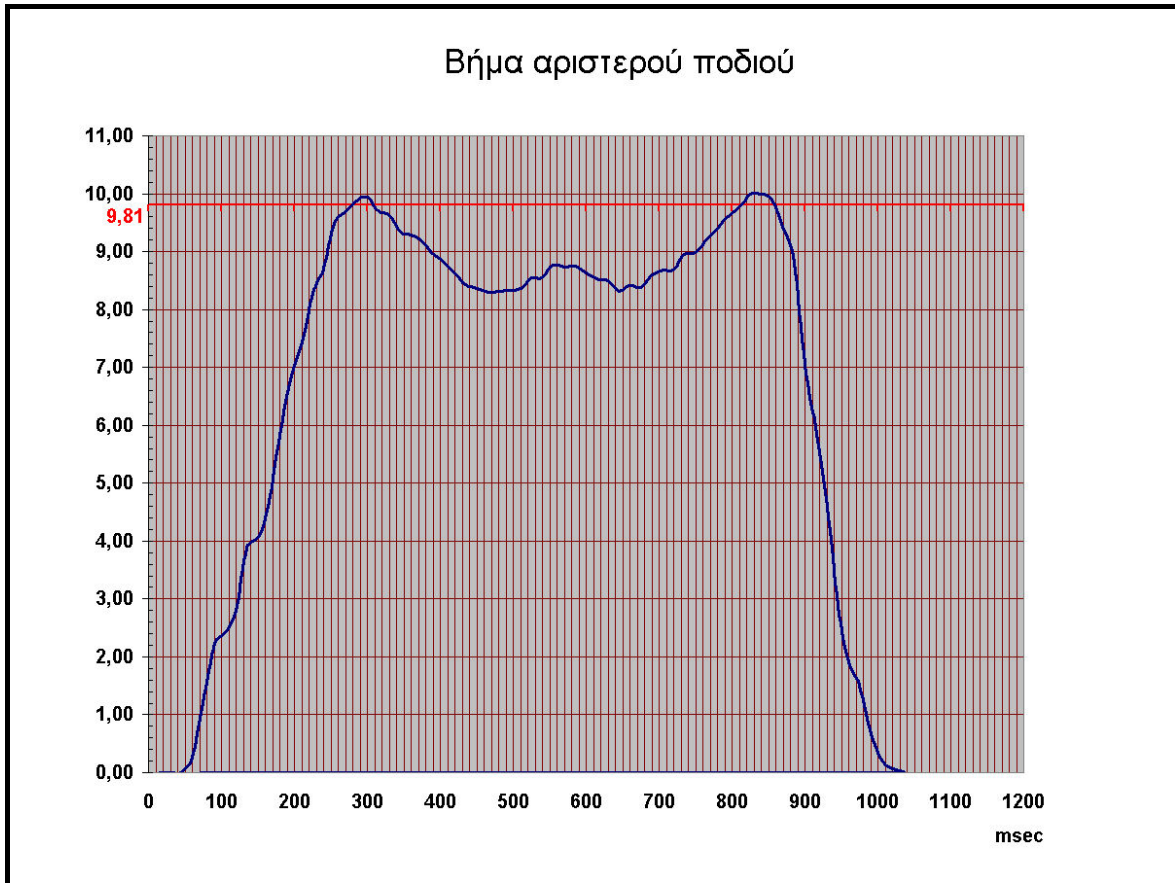
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6

Διαγράμματα μετρήσεων



Εδικό όργανο μέτρησης και καταγραφής ισορροπίας και βάρδισης ανθρώπων.





BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] S. Cotton (a), M. Vanoncini (a,e), P. Fraisse (a), N. Ramdani (a,b), E. Demircan (c), A.P. Murray (d) and T. Keller (e)
“Estimation of the centre of mass from motion capture and force plate recordings (2011)”

(a) Department of Robotic, LIRMM, Université de Montpellier 2, Montpellier, France

(b) CERTES, Université Paris Est – Créteil Val de Marne, France

(c) Department of Mechanical Engineering, Stanford University, Stanford, CA, USA

(d) Department of Mechanical Engineering, Dayton University, Dayton, OH, USA

(e) Health and Quality of Life Unit, Fatronik-Tecnalia, Donostia, San Sebastian, Spain

[2] Cheng-Wei Huang ¹, Pei-Der Sue ¹, Maysam F. Abbod ², Bernard C. Jiang ^{3,4} and Jiann-Shing Shieh ^{1,4,*}
“Measuring Center of Pressure Signals (2013)”

¹ Department of Mechanical Engineering, Yuan Ze University, Chung-Li 32003, Taiwan; E-Mails: s1005058@mail.yzu.edu.tw (C.-W.H.); s985051@mail.yzu.edu.tw (P.-D.S.)

² School of Engineering and Design, Brunel University, London UB8 3PH, UK; E-Mail: maysam.abbod@brunel.ac.uk

³ Department of Industrial Management, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei 106, Taiwan; E-Mail: iebjiang777@gmail.com

⁴ Center for Dynamical Biomarkers and Translational Medicine, National Central University, Chung-Li 32001, Taiwan

[3] R. S. Hinman, K. L. Bennell, B. R. Metcalf and K. M. Crossley
“Rheumatology 2002;41:1388–1394” 2002

[5] Ana Moreno Hernández BSc.(Eng)
“Using measures of external work to assess the degree of gait symmetry”
Universidad Iberoamericana Ciudad de México, 2007

[6] Δρ. Φιλοθέου Γ. Λόκκα καθηγητής ΤΕΙ Λάρισας
“Στατική μηχανική - αρχές και μέθοδοι” Λάρισα 2006

[7] Αραθωμά Αθανασία
“Η ισορροπία ως ρπουπόθεση για την αξιολόγηση και την φυσικοθεραπευτική παρέμβαση”
Αλεξάνδρειο τεχνολογικό ίδρυμα Θεσσαλονίκης 2009

[8] “Analog – digital conversion handbook”
Analog devices third edition 2003

[9] Εμμανουήλ Αντ. Δρης Ομότιμος Καθηγητής “Κλασική μηχανική”
ΕΜ Πολυτεχνείο Αθήνα 2015

[10] Sandip G. Patel & Jainish J. Topiwala Assistant Professors, Mechanical
Engg.
“Measuring a Centre of Gravity of an Object using 4 Load Transducer Method”
Department Chhotubhai Gopalbhai Patel Institute of Technology Bardoli, Surat,
Gujarat, India.
International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) 01, January
2017